
ФИЗИКА
Я ПОЗНАЮ МИР
A
B
A
B

Я ПОЗНАЮ МИР

Детская энциклопедия

ФИЗИКА



МОСКВА
АСТ
1998

ББК 22.3
Я11
УДК 53

Составитель *А. А. Леонович*

Под общей редакцией *О. Г. Хинн*

Обложка и оформление *А. В. Кардашука*

Иллюстрации *А. А. Леоновича*

Я11 **Я познаю мир:** Дет. энцикл.: Физика/Сост., худож. А. А. Леонович; Под общ. ред. О. Г. Хинн. — М.: ООО «Издательство АСТ-ЛТД», 1998. — 480 с.

ISBN 5-15-000266-6.

Многотомная популярная энциклопедия для детей издательства АСТ «Я познаю мир» содержит рассказы по широкому кругу знаний: естественным и гуманитарным наукам, истории, культуре, искусству. Каждый том снабжен предметно-именным указателем, позволяющим использовать его как справочник.

Эта книга посвящена физике. Короткими увлекательными рассказами автор знакомит юных читателей с основными физическими понятиями и законами, чудесами природы и техники, с великими учеными и изобретателями.

Энциклопедия расширяет кругозор, помогает лучше усваивать школьную программу и рекомендуется в качестве пособия для учащихся младших и средних классов школ, лицеев и гимназий.

Я 5300000000 **ББК 22.3**

ISBN 5-15-000266-6



Как наша прожила б
планета,
Как люди жили бы
на ней
Без теплоты, магнита,
света
И электрических лучей?

А.Мицкевич

В этих коротких стихотворных строчках, словно в капле воды, отражается вся книга.

Судите сами.

Каждый отдельный человек и все человечество вместе стремятся выжить и жить. Выжить — удовлетворить самые простые потребности: в пище, тепле, свете. Как и чем это сделать?

Скажите честно, представляете ли вы себя на месте пещерного человека, под рукой у которого были только дубина да камень? Думаю, что нет...

Сегодня, чтобы, скажем, поесть, вы возьмете кастрюлю (!) или сковородку (!), нальете воды из-под крана (!) или масла из бутылки (!), зажжете спичкой (!) газовую горелку (!) или воткнете штепсель (!)

электроплитки (!) в розетку (!). Затем откроете холодильник (!)...

Это лишь начало ваших действий, а со сколькими изобретениями человеческого разума вы уже успели не задумываясь столкнуться — мы их специально пометили восклицательными знаками.

Вспомним-ка еще. Вам холодно — включаете электрокамин (!) или жметесь к батарее центрального отопления (!). Жарко — запускаете вентилятор (!) или кондиционер (!). Темно — зажигаете электрический фонарик (!), яркое солнце — надеваете темные очки (!)...

Что же такое? Неужели мы сами так беспомощны, что ни шагу не можем ступить без какого-нибудь механического или электрического помощника? А, может быть, мы так могущественны, что любое простейшее желание научились теперь исполнять буквально не сходя с места?

И это — только чтобы поесть да попить, посветить да погреться. Выжить.

А что такое жить?

Ох... Ну, съесть не яблоко с ветки, а, скажем, мороженое. Напиться не простой воды из ручья, а пепси-колы. Покататься не верхом на палочке, а, например, на велосипеде, нет, на мопеде, а лучше — на мотоцикле, а еще интереснее — на гоночной машине, водных лыжах, скоростном катере, воздушном

шаре, самолете спортивном, вертолете военном, ракете космической...

Или — понырять с аквалангом, поплавать на подводной лодке, погрузиться на дно океана в батискафе...

Нет, лучше поиграть на дисплее или игровом автомате, обменять кассету или лазерный диск и посмотреть по «видику» занятный мультик или «покрутить» на магнитофоне новую песню. Или книжку «классную» почитать. А потом — позвонить по телефону и рассказать обо всем друзьям...

Вот это жизнь!

Или еще... Погодите, нам не хватит никаких восклицательных знаков, ведь почти все перечисленное — опять-таки приборы, устройства, машины, придуманные и сделанные человеком. И уже вовсе не для примитивных нужд, а чтобы...

Чтобы что?

С давних-давних пор людьми двигала великая сила — любознательность. И не обладай они ею — многое из того, что окружает вас, создано бы не было. Нам, среди прочего, свойственно стремление узнать, испытать, открыть, изобрести. А кое-кому страсть как хочется в полученных знаниях навести порядок.

Так появляется **наука** — не свалка сведений и фактов, домыслов и фантазий, а достоверные и упорядоченные знания. Так разви-

вается **техника** — удивительные механизмы и сооружения. Так рождаются ученые и инженеры — те, кто добывает и применяет эти знания.

В этой книге и пойдет речь о поисках (и блужданиях) научной мысли, пытающейся выяснить побольше... о теплоте, магните, свете, об электрических лучах и еще о многом-многом другом.

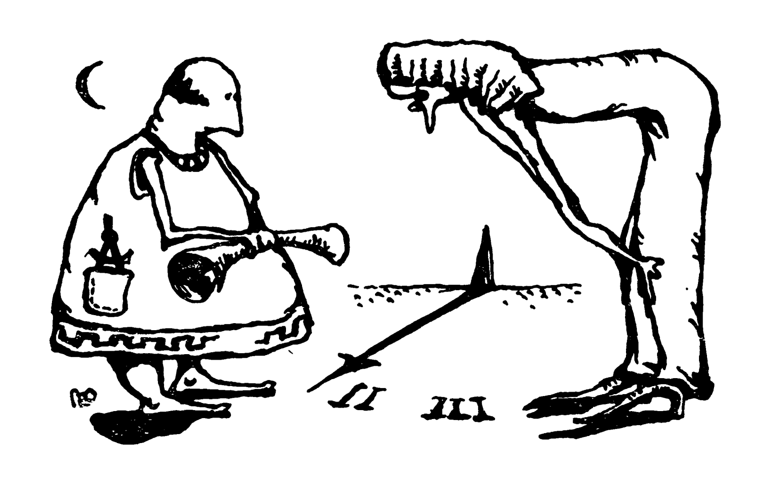
Иными словами — о физике и технике, о людях, которые ими занимаются.

КАК УСТРОЕНА НАУКА?

С незапамятных времен человек пытался объяснить все, что происходит вокруг него и с ним самим. До появления науки ему «помогали» в этом мифы и религия. Проверить, убедиться в правильности своих представлений человеку зачастую не было дано. Скажем, древние греки пытались по наблюдениям, а часто только умом — и это им удавалось — объяснить очень многие явления в природе. Но до такого способа контроля своих мыслей, как **опыт, эксперимент,** они не додумались. Из-за этого возникало немало ошибочных идей, которые удалось исправить или опровергнуть лишь спустя столетия. Только в начале XVII века знаменитый итальянец Галилео **Галилей**

ввел в практику опытный метод, с помощью которого можно было проверить различные догадки, например, о том, как движутся окружающие нас тела.

Постепенно этот — научный — способ познания находил все больше сторонников. Сейчас мы можем проследить в общих чертах, как «работает» мысль ученого-естествоиспытателя. Выстраивается цепочка: **опыт (эксперимент)** — обдумывание его результатов — рождение догадки **(гипотезы)** — вновь проверка опытом — вывод новых **законов природы** (создание **теории**) — применение их на практике (постройка приборов и машин). Иногда звенья этой цепочки меняются местами — догадка опережает опыт, опыт опро-





Аристотель (384—322 до н.э.) — древнегреческий философ, охвативший своими трудами почти все области знаний древнего мира. Оказал огромное влияние на развитие науки. Провозглашенные им теории просуществовали многие столетия. Однако физика предстает у него во многом умозрительной. Канонизированное церковью учение Аристотеля вошло в средние века в противоречие с опытными фактами и в дальнейшем не получило развития.

вергает догадку. Иногда поиск идет вслепую, путем долгих проб и ошибок. Но в целом без этих звеньев не обойтись, если мы говорим о серьезной современной науке.

Конечно, истории известны и совершенно случайные открытия. Но недаром же говорят: «Случай ждет избранных», то есть готовых его «поймать». Вот вам классический пример.

Выдающийся английский физик Дж.Максвелл теоретически (проведя расчеты на бумаге) предсказал существование электромагнитных волн. Немецкий ученый Г.Герц уже специально искал и обнаружил затем эти волны опытным путем. И прошло совсем немного времени, как в конце про-

шлого века наш соотечественник А.С.Попов и итальянский инженер Г.Маркони сумели использовать эти волны для передачи радиосигналов на расстоянии. А уж теперь без радио нам, как говорится, никуда не деться.

Уже здесь, кстати, прослеживается ставшее сегодня очевидным разделение труда между самими учеными, между учеными и инженерами, между инженерами и техниками. Теоретики пишут формулы и указывают дорогу новым опытам, экспериментаторы проводят опыты и ставят новые вопросы перед теоретиками. Инженеры и конструкторы, опираясь на достижения тех и других, воплощают идеи и расчеты в проекты и модели, и огромное число техников и рабочих создают по этим проектам машины и сооружения.

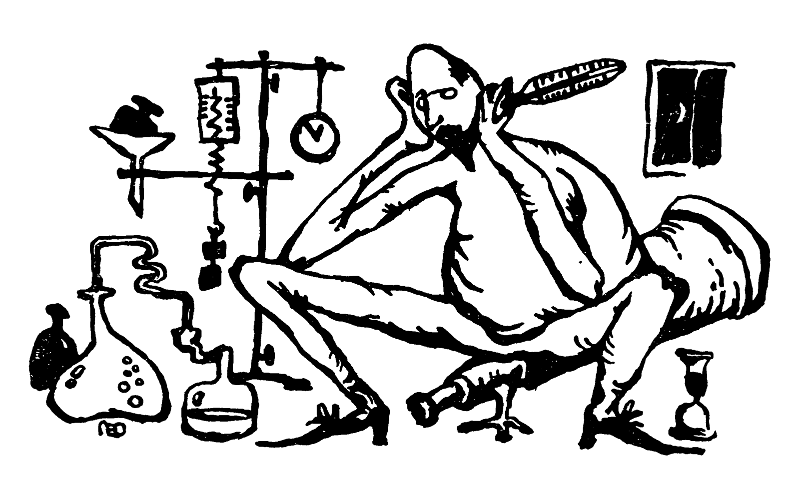
Наука проникла во все области нашей жизни и трудно найти сейчас хоть что-либо новое, изобретенное человеком, где бы не было ее вклада.

ЧТО УЧЕНОМУ НУЖНО ДЛЯ РАБОТЫ?

Еще в средние века помощниками ученого в проведении опытов зачастую были самые обычные окружающие его предметы. Благодаря очень простым приборам и приспособ-

лениям удавалось и тогда делать поразительные открытия и строить феноменальные машины. Но чем дальше, тем больше исследователям приходилось «вооружаться», чтобы проникнуть в глубины строения вещества или заглянуть в космические дали.

В их обиходе появились микроскопы и телескопы, источники электрического тока и точные часы.И хотя еще очень многое приходилось делать с помощью, как говорится, «сургуча и веревочки», ученые испытывали все большую нужду в точных измерениях и специальных приборах. Лаборатории физиков постепенно начинали походить на мастерские или маленькие фабрики. Ученым требовались «подмастерья». Так вырастала



целая отрасль производства, где создавали особенное, научное, оборудование.

И что же сегодня? Практически невозможно представить, что ученый может обойтись без **компьютера.** Построены огромные **ускорители,** в которых разгоняют и изучают мельчайшие частички материи. Такой «прибор» напоминает большой завод, напичканный сложнейшей аппаратурой, и его обслуживают сотни и тысячи людей.

Гигантские **радиотелескопы,** разбросанные по всем континентам, чутко улавливают идущие на Землю со всех сторон космические сигналы. Автоматические станции — истинное чудо современной науки и техники, настоящие летающие лаборатории — бороздят просторы космоса, собирая новые факты с других планет и их спутников. Все это — арсенал нынешних ученых.

Неузнаваемо изменился облик **науки и техники.** Совсем другим стал инструментарий исследователя. Но неизменными остались важные его спутники — наблюдательный взгляд, пытливый ум и богатое воображение.

КАК УЧЕНЫЕ ВЕДУТ РАСЧЕТЫ?

Какая же **наука** без **расчетов?** Когда-то считали, передвигая камушки, затем изобрели счеты. В XIX веке появился прообраз ны-

нешнего калькулятора — арифмометр — сложное механическое устройство с зубчатыми колесиками и ручкой, как у мясорубки. Долгое время ученые и инженеры почитали логарифмическую линейку, ускорившую проведение хитроумных расчетов. И все же многие сотни лет бумага, ручка, линейка и карандаш были незаменимыми для исследователя и проектировщика. Все результаты опытов, записи громоздких формул, таблицы цифр, чертежи машин и зданий ложились на страницы тетрадей или листы ватмана.

Настоящую революцию, которую мы все можем наблюдать воочию на протяжении последних десятилетий, совершило появление **компьютера**. Он не мог быть создан без выдающихся достижений как математиков,



Герон Александрийский (примерно I—II века н.э.) — древнегреческий ученый, популяризатор науки, талантливый изобретатель (пожарный насос, первая паровая машина, автомат для продажи «священной воды» и др.). Прославился как создатель трудов по прикладной механике и оптике, которые поставили его в ряд основателей этих научных дисциплин. Герон связывал науку с нуждами человека и спустил ее «с небес на землю».

так и физиков — в особенности в области электричества и строения вещества. Первые неуклюжие электронно-вычислительные машины, хотя и занимали по нескольку комнат, сильно нагревались и часто выходили из строя, тем не менее сразу начали применяться для научных расчетов. Их быстродействие становилось несравнимым ни с какими арифмометрами и логарифмическими линейками.

Прогресс электронной техники шел стремительными темпами. Машины становились все меньше, а считали все быстрее и точнее. Оказалось, что они могут не только вычислять, но и рисовать графики, чертить схемы, двигать изображение на экране дисплея, вертеть, уменьшать и увеличивать



Роджер Бэкон (1214—1294) — английский философ и ученый-энциклопедист. Пытался классифицировать науки, подчеркивал в своих работах значение экспериментальных знаний и практическую важность научных исследований. Предлагал реформировать науку на базе математических доказательств и опытов. Продолжить эту революционную программу было суждено Галилею.

его. У ученых появилась возможность моделировать (имитировать) процессы, происходящие не только в созданных или задуманных ими установках, но и в недостижимых для нас местах.

Например, с помощью компьютерных моделей удалось представить последствия мировой ядерной войны (после гигантских пожаров наступила бы всепланетная зима). Или рассчитать образование звезд и галактик на протяжении многих миллионов лет. Таким образом, неизмеримо обогатилась способность человека проникать мысленным взором в недоступные тайны природы или предугадать результаты своей деятельности.

Микрокалькулятор и персональная ЭВМ входят в нашу жизнь почти так же, как телефон, радиоприемник, телевизор. Они уже доступны школьнику, и безусловно, завтра будут надежными и необходимыми помощниками практически в любом деле.

А уж тем более, если вы надумаете стать ученым, конструктором или инженером.

ГДЕ ВСЕ ПРОИСХОДИТ?

Один из вопросов, которые мы чаще всего задаем — где это находится или где это произошло? И отвечаем: в Америке, в Таганроге, на соседней улице, под столом, на Луне и так далее. Всякий раз мы более или менее точно

стараемся указать место предмета или события. Иногда этого вполне достаточно, но если разговор идет о точных научных **измерениях**, то указание места становится довольно непростой проблемой. Это и побуждало людей серьезно размышлять о том, что же такое **пространство.**

Можно сказать, что это — вместилище всех известных нам вещей, предметов и событий. Задумайтесь, ведь каждый раз, отвечая на вопрос «где?», мы отсчитываем положение предмета или происшествия от какого-либо известного нам места. Например, если мы говорим, что футбольный чемпионат



проходит в Америке, то тут же воображаем географическую карту или глобус, где у каждого континента, страны или города есть свое четкое положение. Или, когда мы слышим сообщение по радио о стыковке космических кораблей, мы наглядно представляем (или нам помогает телевизор), как вокруг Земли крутятся, приближаясь друг к другу, эти корабли. А в центре управления полетом вам могли бы сообщить точное **расстояние** от какой-либо точки на поверхности Земли до точки, где произошла стыковка.

Получается, что для ведения расчетов в **пространстве** (то есть для ответа на вопрос «где?»), нам приходится вообразить его, как бесчисленное множество точек, в которых уже находятся или попадают туда, двигаясь, интересующие нас предметы. И тогда мы можем указать **расстояние** между точками. А дальше думать о том, чем и как эти расстояния удобнее измерить.

Так же мы определяем размеры самих предметов, их длину, ширину и высоту. Для примера возьмите сантиметровую ленту и обмерьте ею, скажем, письменный стол. Заметьте, вы вновь искали и нашли **расстояние** между точками, которые «засекли» на краях стола.

КОГДА ВСЕ ПРОИСХОДИТ?

Еще один очень важный вопрос. Правда, мы прекрасно научились на него отвечать, если под рукой (или на руке) есть **часы** — механические (пружинные или ходики) либо электронные. Но ведь часы-то показывают лишь время суток. А если нам надо указать **время** какого-либо исторического события, придется назвать год, месяц и число. Например: один из обломков кометы упал на планету Юпитер 16 июля 1994 года. Вдумайтесь в приводимые цифры: ведь в них указывается время, прошедшее от Рождества Христова до важных нам событий. Иными словами — промежуток времени. И часы говорят нам о том, сколько времени (часов, минут и секунд) прошло от полуночи или полудня. Опять — **временной промежуток.**

Вот и выходит, что отвечая на вопрос «когда?», мы всего лишь отсчитываем от какого-то удобного момента уже протекшее время. Или, говоря о том, что произойдет в будущем, к примеру, когда покажут по телевизору интересный фильм, указываем время, которое протечет до нового события.

А раз так, то и мерить время нам приходится какими-то «кусочками», промежутками, сподручными в той или иной ситуации. Откуда такие «кусочки» берутся? А это могут

быть качание **маятника** (например, одна **секунда**), вращение Земли вокруг своей оси (полный оборот — за одни **сутки**), движение Земли по орбите вокруг Солнца (один оборот — за один **год**). Можно выбрать и какие-либо другие удобные для нас промежутки и промежуточки. Чем меньше такой промежуток, тем точнее им можно измерить периоды времени (не измерять же в годах продолжительность урока!). Сегодня для сверхточных измерений ученые используют колебания атомов в кристаллах твердых тел, каждое из которых происходит за ничтожно малые мгновения. Это так называемые атомные **часы**.

КАК ИЗМЕРЯТЬ?

А что **измерять**? Да что угодно — расстояния, промежутки времени, емкость бутылки, площадь квартиры... Для этого мы пользуемся рулеткой, секундомером, другой бутылкой и множеством всяких иных «приборов». Но что мы делаем каждый раз, когда измеряем? Не что иное, как сравниваем.

Вот пример. Вы хотите обменять свою квартиру на равноценную по площади. Измеряете **площадь** своей квартиры. Она оказывается равной, скажем, 50 квадратным

метрам. А площадь другой квартиры — 48 квадратных метров. Теперь мы их можем сравнить. Но прежде, измеряя каждую квартиру, мы *сравнивали* ее **площадь** с одним квадратным метром. Значит, этот квадратный метр послужил нам тем, что называется **«единицей измерения»**. И что бы мы ни захотели измерить, мы каждый раз будем сравнивать измеряемую величину с тем, что выбрали за единицу измерения — с **эталоном.**

Сколько в сутках часов? Ответ: 24. Что это значит? А то, что единица измерения — один час, и таких часов умещается в сутках 24 штуки.



Пьер Симон Лаплас (1749—1827) — французский ученый. Всю жизнь интересовался астрономией, математикой и физикой. Добился выдающихся результатов в небесной механике, объяснив движение тел Солнечной системы на основе закона всемирного тяготения. В 1790 году возглавил парижскую Палату мер и весов, активно внедрял в жизнь метрическую систему мер.

Чуть-чуть подумав, вы вспомните огромное множество таких единиц. Ну, скажем, метры, мили, футы, дюймы, пуды, сажени («в плечах — косая сажень»), версты, вершки («от горшка два вершка»), фунты, граммы, центнеры, амперы, вольты, ватты... Этот список можно продолжать без конца. Но удобно ли жить с таким гигантским количеством единиц?

Со временем людям стало ясно, что пора бы навести здесь порядок. Разные государства стали договариваться между собой применять одни и те же единицы. А чуть больше 200 лет назад во Франции была изобретена метрическая система измерения, на которую сегодня перешли почти все страны. Были введены эталоны для измерения самых разных величин — длины, времени, массы и так далее.

Немногим более 30 лет назад ученые всего мира приняли решение пользоваться одной **системой мер.** Ее так и назвали — Интернациональная. В школьных учебниках вам придется познакомиться и пользоваться именно этой системой единиц измерения.

КАК ФИЗИКИ ПОДЕЛИЛИ МИР

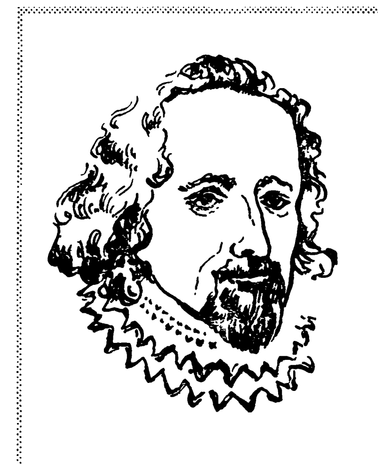
Делили его, конечно, не только физики. Делят его ученые любых специальностей. Правда, делят мирно, но не от хорошей жизни. Просто наш Мир настолько велик и сложен, что ни одна, даже самая гениальная голова, ни один, даже самый сверхмощный компьютер, не способны пока вместить в себя все знания о нем.

Историки делят историю по эпохам, геологи и палеонтологи делят толщу Земли по слоям, зоологи делят весь животный мир по



видам, родам и семействам. И даже человека анатомы и медики «делят» на кости, органы и ткани.

Вот и физикам и техникам приходится делить разнообразные явления естественной и искусственной природы на множество частей. Вслушайтесь в названия некоторых разделов науки: электротехника, кораблестроение, океанология, космонавтика, строительная механика, оптика, материаловедение и так далее. В каждом из них, как в большом доме, еще немало «квартир», а в тех — «комнат», где изучают какие-то отдельные эффекты или свойства. Наука и техника разрослись так,



Фрэнсис Бэкон (1561—1626) — английский философ. Его называли «одним из редких умов, прокладывающих новые пути в области научного исследования». Провозгласил целью науки распространение господства человека над природой. Призывал очистить науку от суеверий и предрассудков. Считал, что в основу каждой науки надо положить опыт, исходя из наблюдений и проводя эксперименты. Пытался объять все области человеческого знания и показать взаимную связь между ними.

что напоминают гигантские деревья со множеством переплетенных ветвей, прутиков и листьев.

Можно ли сориентироваться, не заблудиться в этом сложном лабиринте? Как ни странно, вполне возможно, и зачастую именно такое разделение дает путеводную нить. Поделив, легче разобраться. Помните веник из одной сказки? Целиком его не сломать, а разобрав на прутики, переломить каждый просто.

Подумайте, что происходит, когда мы включаем настольную лампу. Щелкнула кнопка, комната озарилась светом. И все? А вот физик скажет: под давлением вашего пальца произошло механическое перемещение контакта, замкнулась электрическая цепь, по проводам потек электрический ток, под действием тока нагрелась спиралька лампы и атомы металла, из которого она сделана, стали излучать частички света, а матовый шар, окружающий лампу, рассеял его по комнате...

Физик, поверьте, старался сказать покороче и попроще. Но все-таки вы уже смогли представить, что разговор идет о механических, тепловых, электрических, световых и атомных явлениях, каждое из которых давно стали изучать по отдельности. А если не забудем, как щелкнул выключатель, то добавим — и о звуковых. Видите, как чуть ли не вся поделенная на части физика «за-

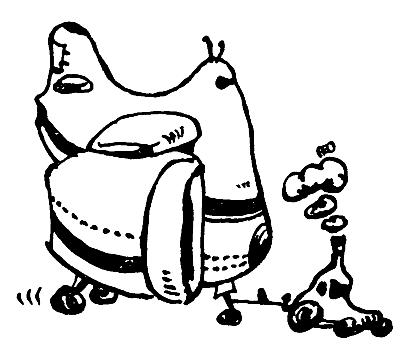
работала» от одного шевеления вашего пальца! А вот чтобы сконструировать ту же лампу, конечно, все эти разделы должны были «помочь» друг другу вновь собраться вместе.

Так иногда на одно и то же событие или явление приходится смотреть с различных сторон. Единый мир, к сожалению, распадается, но потом «складывается», к счастью, снова, даря нам то удивление, то радость, то новые заботы...

МИР ДВИЖЕНИЙ



Что вокруг чего? 28
Как падают тела? 30
Кто дальше выстрелит? 33
Как облететь вокруг земли? 36
Земля — большая карусель 38
Волчки небесные и земные 40
Почему устойчив велосипед? 42
Как приручить инерцию? 44
Кто испытывает вес? 46
Невесомость — освобождение от веса 49
Почему прогибаются стулья? 50
Как растягиваются пружины? 53
Что «держит» нас на вираже? 55
Как сделать «мертвую петлю»? 57
Нужно ли избавляться от трения? 58
Какие бывают приливы? 60
Что такое равновесие? 62
Сколько всего «простых» механизмов? . . . 65
Куда пропадает движение? 67
Как работает ракета? 69
От гусеницы — к вечному движению . . . 72
Какая бывает энергия? 73
Действия полезные и бесполезные 75
Можно ли нарушить законы природы? . . . 78
Давайте поразмыслим 79



Движенья нет, — сказал мудрец брадатый.
Другой смолчал — и стал пред ним ходить.
Сильнее он не мог бы возразить.
Хвалили все ответ замысловатый.
А.С.Пушкин

Что такое двигаться? Идти, бежать, размахивать руками, приседать, скакать, вертеть головой — все это **движения.** Но почему мы только о себе? Передвигаются животные, перемещаются различные машины, несутся в космосе планеты и спутники. И если приглядеться, то окажется, что все движения невероятно разнообразны: что-то движется вроде постоянно в одну сторону, например, идет поезд, что-то крутится, скажем, колеса автомашины или ветряная мельница, а что-то «дрыгается» на месте — как маятник часов.

Можно ли разобраться в этом нагромождении движений? Вот и наступает время ученого, который внимательно за ними наблюдает, систематизирует и пытается найти в них нечто общее.

Наверное, прочтя фразу «Движение — это изменение положения тела в пространстве», вы скажете: «Да это и так ясно!» Но до этой ясности люди добирались тысячелетия. Согласитесь, что и в своей жизни вы сами очень часто доходили до простых истин («Мой руки перед едой!») долгое время. А вот с отмеченной истины и начинается наука о движении тел — **механика**, влившаяся могучей рекой в огромный океан Физики.

ЧТО ВОКРУГ ЧЕГО?

Скажите откровенно, можете ли вы ответить на вопрос, что вокруг чего движется — **Солнце** вокруг Земли или **Земля** вокруг Солнца? Если вы думаете, что вам известен ответ, не спешите с ним. Действительно, находясь на Земле, мы видим, что Солнце встает, передвигается по небосклону и заходит. Разве Солнце не движется вокруг нас? Движется!

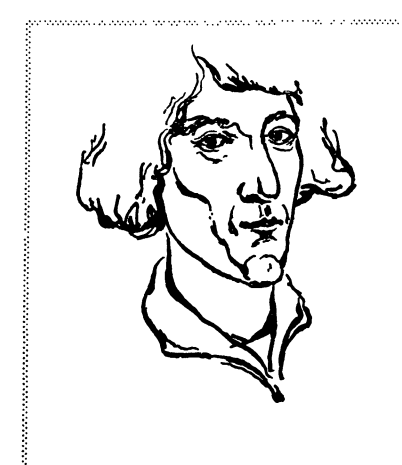
Однако если бы нам удалось «воспарить» над **Солнечной системой**, мы бы заметили, что Земля, да и все остальные **планеты** дружно обращаются вокруг Солнца, а к тому же — еще и вокруг самих себя. В том-то и дело! Не вертись **Земля** вокруг своей оси, «гляди» она одной и той же стороной на Солнце, никаких тебе восходов и заходов и в помине бы не было. Зато вокруг **Солнца** Земля крутилась

бы по-прежнему — ну точь-в-точь, как Луна вокруг Земли.

Этот пример вобрал в себя великий спор, который долгие столетия вели люди. Учение древнего грека Клавдия Птолемея, разработавшего геоцентрическую (Гео — Земля) систему, было поддержано церковью. И лишь спустя тысячу лет возобладал иной взгляд — его оформил в своих трудах польский ученый Николай Коперник, поставив в центр нашей планетной системы Солнце. Этот спор можно было бы назвать спором об относительности движения.

Вспомните рассеянного с улицы Бассейной. Сколько он ни возмущался, его отцепленный вагон так и не мог стронуться с места. То есть рассеянный вместе с вагоном был неподвижен — находился в покое — относительно земной тверди. Но в то же время





Николай Коперник (1473-1543) — польский астроном, создатель гелиоцентрической системы мира. Объяснил причины видимого перемещения планет. Его книга «О вращениях небесных сфер» была запрещена католической церковью. Однако открытие Коперника было подхвачено выдающимися учеными и легло в основу нового естествознания.

он вращался вместе с вагоном вокруг земной оси, обращался вместе с Землей вокруг Солнца, а если добавить, что и Солнце (вместе со всеми планетами, а уж тем более с вагоном и рассеянным) мчится неведомо куда...

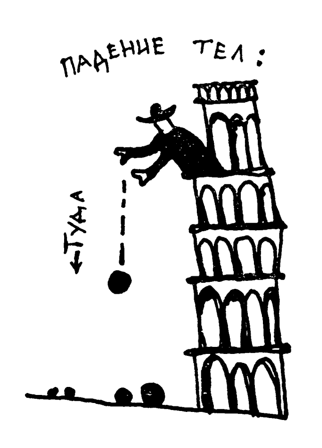
Вот сколько движений! И все они — относительны. Не существует в природе абсолютного движения, не обнаружили его пока, как ни искали.

КАК ПАДАЮТ ТЕЛА?

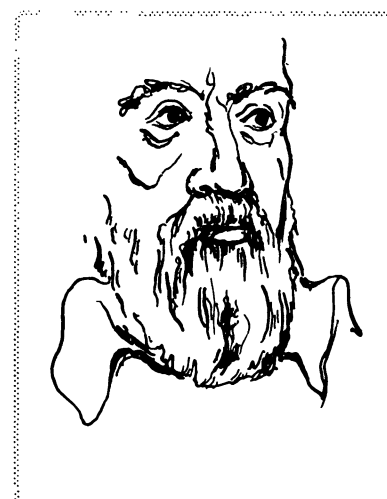
Давайте проделаем простой опыт. Возьмите лист бумаги и отпустите его с высоты своего роста. Затем тот же листик скомкайте и снова отпустите с той же высоты. Что вы заметили? Конечно же, вам бросилось в глаза,

что в первом случае бумага падает медленнее, чем во втором.

Нетрудно догадаться, что «виновником» торможения листа бумаги был воздух. А если будут падать перышко и свинцовый шар? Со времен **Аристотеля** считалось, что всегда тяжелые предметы падают быстрее легких. И только Г.Галилею, проведшему в своей лаборатории множество опытов с падающими телами, удалось выяснить, что если бы не было воздуха, все тела — и тяжелые, и легкие — падали бы одинаково. То есть в отсутствие воздуха наш плоский листик и смятый бумажный комок, пушинка и массивная гиря упали бы на землю с одной и той же высоты за одно и то же время. Эти добытые опытом факты **Галилей** обобщил в законе свободного падения.



Но какое же оно свободное, если от воздуха никуда не деться? На этот вопрос окончательно ответил величайший английский ученый **И.Ньютон.** Он провел эксперимент с падающими телами в трубке, из которой был откачан воздух. Все подтвердилось!



Галилео Галилей (1564-1642) — итальянский физик и астроном. Установил законы движения, проводя многочисленные опыты. Открыл закон колебаний маятника, создал теорию простых механизмов. Наблюдал в подзорную трубу Луну и планеты, обнаружил спутники Юпитера, пятна на Солнце и фазы Венеры. Поддерживал и развивал гелиоцентрическую теорию Коперника, за что преследовался инквизицией. Считается «отцом» экспериментальной физики.

Заметьте, что скорость падающего в безвоздушном пространстве предмета не остается постоянной, Земля притягивает все тела, и под действием силы притяжения они разгоняются. Например, если бы в пустоте мы отпустили тело с высоты 5 метров, то оно ударилось бы о землю с такой же скоростью, с какой финиширует рекордсмен мира по бегу на стометровой дистанции.

Отличная лаборатория для проведения таких опытов — поверхность **Луны**. На нашей спутнице нет атмосферы, и, скажем, попади Галилей и Ньютон на Луну, им не пришлось бы долго доказывать справедливость закона свободного падения.

КТО ДАЛЬШЕ ВЫСТРЕЛИТ?

Как далеко мы можем забросить, например, теннисный мячик? Если бросать в высоту, то тут вроде все понятно — сколько хватит наших сил. А если в длину?

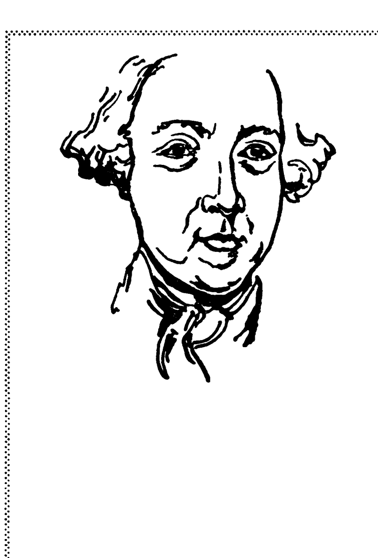
Понаблюдаем за спортсменами — метателями молота, копья, ядра, диска. Похоже, что дальность полета всех этих снарядов зависит не только от силы метателей. Им надо еще как-то очень точно угадать наклон броска. Да и каждый из вас убедится, бросая теннисный мяч, что бывают «недолеты», как бы сильно мы ни старались метнуть.

Эта задача оказалась крайне важной для **баллистики** — науки, изучающей движение



брошенного тела в атмосфере Земли. Будьте снисходительны к нашим предкам, которые полагали, что вылетевший из пушки снаряд сперва летит по прямой, а потом отвесно валится вниз. Опять-таки наука позволила выяснить, как дальнобойность орудий зависит от того, с какой скоростью и куда мы направляем снаряд.

А если бы мы стреляли из чего угодно — пистолета, лука, пушки, стеклянной трубочки с жеваной бумажкой — на Луне? Мы быстро бы узнали, что все наши стрелы и снаряды полетели бы дальше всего при наклоне орудий в 45° к горизонту. На Земле **сопротивление воздуха**, конечно, искажает точную траекторию полета и намного уменьшает его



Леонард Эйлер (1707—1783) — швейцарский математик, механик, физик и астроном. Установил законы движения вращающихся тел. Занимался теорией теплоты, электричества, магнетизма. В оптике создал собственную волновую теорию света, считал, что цвет тел зависит от частоты светового луча. Один из основателей механики жидкостей и газов. Внес вклад в музыкальную акустику, баллистику, теорию устойчивости корабля. Пытался построить единую картину мира и физических процессов.

дальность. Это интуитивно учитывают спортсмены-метатели, а баллистики составляют целые таблицы поправок для стрельбы из артиллерийских орудий.

Правда, если стрелять с очень большой начальной скоростью и под определенным углом, можно достичь выхода снаряда в разреженные слои атмосферы. Тогда дальность его полета вновь возрастает. Этого сумели добиться немецкие артиллеристы, обстреливая в конце I мировой войны Париж с расстояния 115 километров из огромной, весом 750 тонн, пушки.

Возможно, вы слышали и о **баллистической экспертизе**, которую проводят криминалисты, расследуя преступление. Порой они удивительно точно могут рассчитать положение стрелка и траекторию выпущенной им пули.

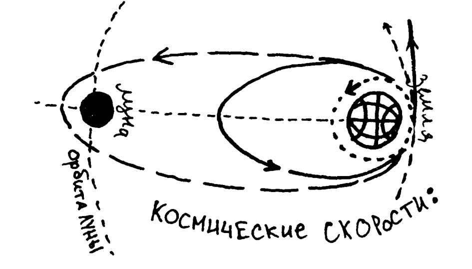
Вот еще любопытный (и особенно приятный летом) опыт. Когда вам придется поливать огород или своих друзей водой из шланга, попробуйте, зажимая пальцами отверстие, изменить скорость струи, а также ее наклон к горизонту. Лучшей практики для начинающего стрелка не придумать!

КАК ОБЛЕТЕТЬ ВОКРУГ ЗЕМЛИ?

Что, если бы мы обладали исполинской силой? Как далеко тогда смогли бы мы забросить, скажем, спортивную гранату? Метая ее раз за разом все сильней и сильней, мы попали бы, положим, во двор соседнего дома, затем в ближайший город, потом, глядишь, за Уральский хребет, потом в остров в Тихом океане, потом...

Представьте теперь себе, что вы швырнули гранату с такой невероятной силой, что она летела-летела и в конце концов прилетела к вам ... с другой стороны Земли. Как ни занятен этот пример, он совершенно верно указывает на возможность облета Земли запущенным вдоль ее поверхности телом. Так думал и **И.Ньютон**, воображая высокую гору, с которой горизонтально бросали камень с огромной скоростью. Как и все тела, он падал бы на Землю, но на сколько он опускался вниз, на столько же закругляющаяся **Земля** уходила бы из-под него.

Ну и как же назвать теперь этот камень? Вы догадались — **искусственный спутник** Земли. А скорость, которая ему нужна для такого полета, сегодня легко рассчитывается **механикой.** Вблизи поверхности Земли (но без воздуха!) она оказывается равной примерно 8 километрам в секунду. Ничего себе **ско-**



рость, правда? Поэтому-то ее назвали хоть только первой, но уже космической.

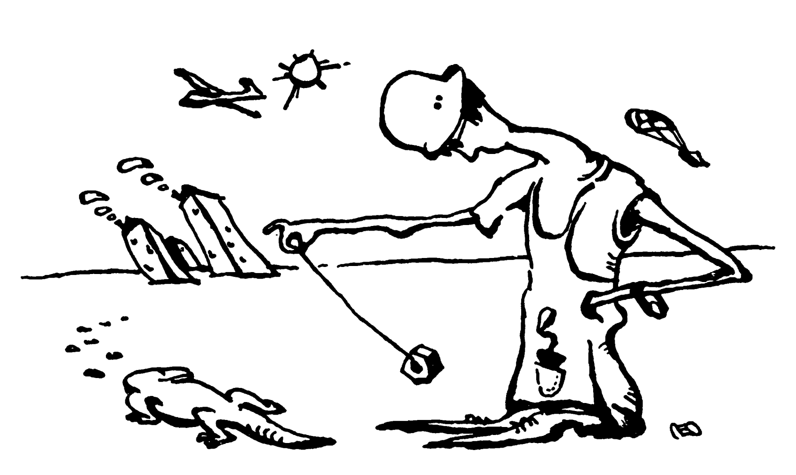
Теперь ясно, что для вывода искусственного спутника на **орбиту** вокруг Земли надо поднять его повыше — над атмосферой — и «толкнуть» с нужной скоростью. Так он и будет там крутиться хоть веки-вечные — как крутится **Луна,** наш естественный спутник.

А вот чтобы вырваться из цепких пут земного **тяготения,** потребуется скорость побольше — около 11 километров в секунду. Но и тогда наш **космический аппарат** не освободится совсем — теперь он станет спутником Солнца. А уж от Солнца «удрать» совсем нелегко, нужна еще большая — третья космическая — скорость, она приближается к 17 километрам в секунду. Такие скорости уже достижимы: прошло более десяти лет, как американская **автоматическая станция,** пройдя мимо нескольких планет, навсегда ушла за пределы Солнечной системы.

ЗЕМЛЯ — БОЛЬШАЯ КАРУСЕЛЬ

Откуда мы знаем, что Земля крутится вокруг своей оси? Конечно же, по движению Солнца на небосклоне. А если бы вдруг Солнце кто-нибудь на время «выключил»? Осветить-то Землю мы, положим, смогли бы, но как теперь заметить ее **вращение**?

В Санкт-Петербурге в Исаакиевском соборе был подвешен к куполу гигантский **маятник,** изобретенный французом **Л.Фуко.** Понаблюдав за ним, можно было заметить, что его колебания не проходят в одной плоскости. Если поставить деревянный брусок немного в стороне от качающегося груза, то вы-



яснится, что через несколько размахов грузик как бы развернется и сшибет брусок. Оказывается, маятник обладает удивительной способностью сохранять плоскость своих колебаний неизменной. И получается, что Земля как бы проворачивается «под ним» и пересекает эту плоскость, что и «выдает» нам сбитый брусок.

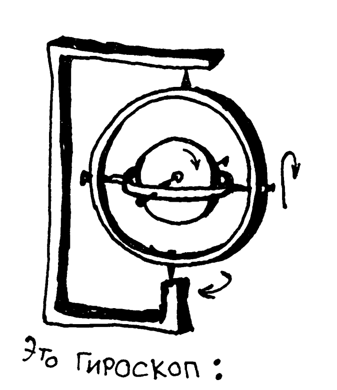
«Включим» наше солнышко опять и поглядим на всякие качающиеся вокруг нас предметы — маятник часов-«кукушки» или качели на детской площадке. Разумеется, по ним выяснить что-либо о вращении Земли трудно — все эти маятники так или иначе ограничены в своих движениях. Но если мы сами соорудили бы прибор из длинной нити и привязанного к ней грузика, похожий на маятник Фуко, то даже не раскачивая его могли бы обнаружить необыкновенный факт. В разных местах Земли нить висящего маятника будет вовсе не всегда «смотреть» в центр планеты. На **полюсе** она станет строго вертикальной, а при смещении маятника от полюса будет отклоняться. Правда, чтобы заметить эти отклонения, нужны довольно точные измерения, поэтому строители при кладке стен по-прежнему могут спокойно использовать наш «прибор» в качестве **отвеса.** Но дотошный исследователь по этим ничтожным отклонениям сделает вывод, что маятник «отбрасывается» от **земной оси** именно из-за

того, что Земля вращается. Похожее отклонение вы наверняка замечали, когда крутились сидя на подвесной скамеечке карусели.

ВОЛЧКИ НЕБЕСНЫЕ И ЗЕМНЫЕ

Как вы думаете, что общего между вращением Земли и фигурным катанием?

Многие из вас, особенно знакомые с фотосъемкой, могут провести опыт, еще раз доказывающий, что Земля вертится вокруг своей оси. Для этого надо выбрать очень темную звездную ночь и открыть затвор **фотоаппарата** на полчаса или лучше на час, направив объектив на небо. Фотоснимок, который вы затем получите, покажет, что пока затвор был открыт, звездочки совершили небольшое путешествие по небу, оставив следы на пленке в виде маленьких дуг. Мы-то понимаем, что в данном случае не звезды переместились, а Земля повернулась относительно них.



Всмотримся внимательно в снимок и увидим, что одна из звездочек осталась на месте. Это говорит о том, что она лежит на той гигантской воображаемой оси, вокруг которой и происходит **вращение** Земли. Эту звезду вы легко найдете на небосклоне, ее зовут Полярной. В любое время года мы обнаружим, что положение этой звезды не меняется. Отсюда мы можем, как раньше это сделали ученые, заключить, что **земная ось** также не меняет своего направления в пространстве.

Понаблюдать за подобным эффектом мы могли, запуская в детстве волчок или юлу. Довольно долгое время они вращаются, сохраняя свою ось вертикальной. Такое же явление происходит при вращении фигуристки на льду, и лишь **трение** о лед, как и волчка — о пол, тормозит вращение и сбивает его ось.

Но вот, в отличие от Земли, фигуристка может менять скорость своего вращения. Вы наверняка это видели — как она отбрасывает руки в стороны или, наоборот, прижимает их к себе и при этом крутится то медленнее, то быстрее.

Эти особенности вращающихся тел активно используют, например, в навигации. Изготавливают специальные, так называемые кардановы подвесы, в которых тяжелый волчок-гироскоп, раскрутившись, может вращаться, не меняя направления своей оси. Тем самым он, подобно **компасу**, как бы задает

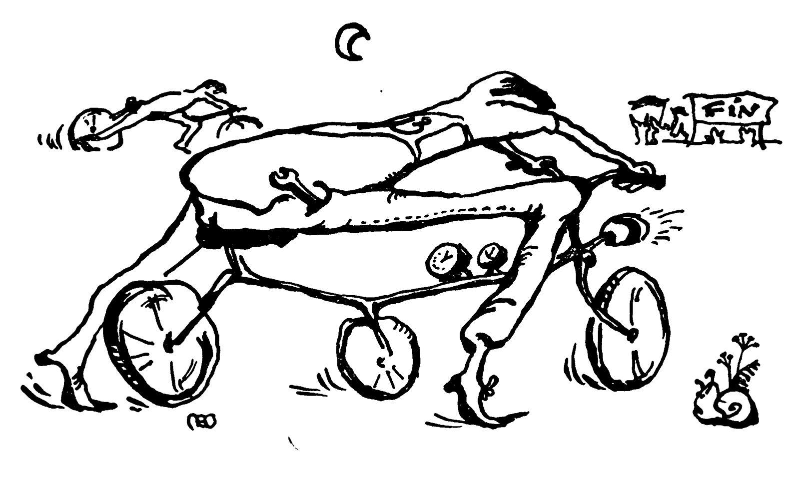
определенный курс, по которому видно, насколько мы отклоняемся от нужного нам пути. Такие системы ставят на кораблях и подводных лодках, на искусственных спутниках и космических станциях, помогая верно ориентировать их в пространстве.

А вот кружение фигуристки «повторяют»... звезды. Может случиться так, что звезда сжимается, уменьшаясь вдоль радиуса примерно в сто тысяч раз. Во столько же возрастает **скорость** вращения вокруг оси. Такие звезды-пульсары были не столь давно открыты астрономами.

ПОЧЕМУ УСТОЙЧИВ ВЕЛОСИПЕД?

Задумывались ли вы о том, что помогает удерживаться в седле при езде на велосипеде? Ведь если вы заберетесь на стоящий **велосипед**, то остаться в **равновесии** вам не удастся, значит, причина — в движении.

Попробуйте, держа за ось, повернуть **колесо** велосипеда, снятое, например, во время ремонта. Получилось? А теперь сделайте то же самое, предварительно раскрутив колесо. Ну как, легко? Все дело в том, что вертящееся колесо так же, как и волчок, стремится сохранить положение своей оси в пространстве. Вот в этом и кроется одно из объяснений



устойчивости велосипеда во время езды. И если вы хотите повернуть, то должны воздействовать на ось колеса с помощью руля.

Очень интересна история создания велосипеда. Есть свидетельство, что еще у древних египтян были какие-то двухколесные механизмы, которые, правда, приводились в движение толчками ног ездока о землю. Первые модели велосипедов, хоть в чем-то похожие на современные, появились в начале XIX века. Ближе к середине прошлого столетия велосипед обрел педали, и на нем уже можно было развивать заметную скорость. Затем вошли в употребление колеса с металлическими спицами и ободом, а также резиновыми шинами.

Различных моделей велосипедов конструировали великое множество. И вот чуть больше 100 лет назад был построен велосипед, основные черты которого сохранились и по сию пору. Это два колеса одного размера, **цепная передача,** зубчатое колесико на педалях, намного большее, чем на задней втулке, сидение, смещенное назад. Конечно, усовершенствование велосипедов не закончилось, и в этом вы легко убедитесь, наблюдая за велогонщиками или придя на выставку или в музей истории велотранспорта.

КАК ПРИРУЧИТЬ ИНЕРЦИЮ?

Почему, разогнавшись на санках с ледяной горки, мы можем довольно долго мчаться по прямой? Почему, раскрутив педали велосипеда, мы можем катиться опять-таки довольно долго и, если не вертеть рулем, тоже прямо? Почему, резко остановившись, мы можем вылететь из седла?

Все это — проявления общего для всех тел свойства, называемого **инерцией.** Если вы хотите сдвинуть с места стол, вам надо приложить к нему **силу,** а стол как бы сопротивляется вашим стараниям. Это — инерция покоя. Если вы хотите остановить те же санки или велосипед, вам опять-таки надо приложить силу, только теперь тормозящую. И движущееся тело не подчинится вам мгно-

венно — тоже будет словно сопротивляться. Это — инерция движения.

Можно привести десятки хорошо известных примеров, где вы сталкиваетесь с инерцией. Еще не умея произносить это слово, вы набили себе немало шишек, знакомясь с ним, когда начинали ходить. Оказывается, как ни своенравна инерция, она подвластна строгим законам. Эти **законы** — одни из главных в **механике.** Их установил великий Исаак **Ньютон,** и, пользуясь этими законами, инерцию можно не только объяснить, но и «приручить».

Например, при торможении поездов или автомобилей мы можем не просто растерять всю накопленную ими инерцию, а передать



Исаак Ньютон (1643—1727) — английский ученый, создатель современного естествознания, прославился трудами по механике, оптике, астрономии, математике. Дал определение трем основным принципам механики, открыл закон всемирного тяготения и на его базе разработал теорию движения планет. Внес огромный вклад в оптику, впервые разложил белый свет на семь цветов призмой. Научное творчество Ньютона сыграло исключительную роль в развитии физики.

ее укрепленным внутри вагона огромным колесам-маховикам. Поезд остановился, а внутри него с большой скоростью вращается массивный диск. Захотели поехать дальше — приводим в зацепление этот маховик с колесами поезда и он помогает двигателю сдвинуть поезд с места и затем разогнать.

Стремление тел двигаться по инерции используют при имитации **перегрузок** на тренировках летчиков и космонавтов. Для этого их сажают в специальную кабину, укрепленную на конце длинного рычага. Рычаг приводят во вращение с огромной скоростью вокруг оси, проходящей через другой его конец. Ясное дело, человек как и кабина, стремится вылететь, как камень из пращи. Но рычаг не «позволяет» им этого, удерживает на окружности и чем быстрее вращается, тем сильнее заставляет прижиматься человека к стенке кабины. Так имитируется **сила,** которую испытывает, скажем, космонавт при старте ракеты.

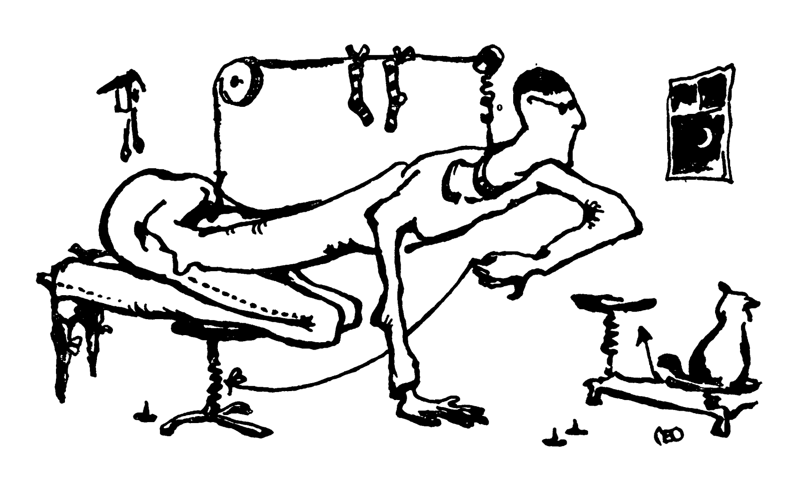
КТО ИСПЫТЫВАЕТ ВЕС?

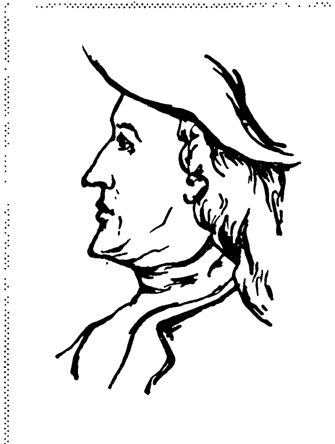
Конечно, вам приходилось слышать такие выражения: штангист-тяжеловес, боксер наилегчайшей весовой категории. Или когда надо заполнить медицинскую карту, обязательно указывают вес человека. Нам необхо-

димо знать **вес** различных предметов, чтобы перетащить их или поднять. Так что такое вес?

Вы скажете: надо положить тело на весы и взвесить его. Но ведь так мы лишь провели **измерение** того, что пока интуитивно считаем весом. Что же все-таки мы измеряем? Давайте-ка проведем мысленный опыт (нам часто придется прибегать к нему). «Выключим» **притяжение** Земли. Будут ли теперь тела весить? Очевидно, что если Земля перестала кого-то или что-то притягивать к себе, то «оно» не станет и давить на нее или на любую опору.

Значит, вес — это **сила**, с которой одни тела давят на другие под действием притяжения Земли (или, скажем, какой-либо иной планеты). Но если земное тяготение мы мо-





Генри Кавендиш (1731-1810) — английский физик и химик, один из самых известных ученых XVIII века. Открыл состав воздуха и воды, получил в чистом виде водород. С помощью собственноручно изготовленных приборов изучал электрические явления. Применяя крутильные весы, подтвердил закон всемирного тяготения, определил массу и плотность Земли. Часто в своих исследованиях намного опережал современную ему науку.

жем устранить лишь мысленно, то вес тела, оказывается, можно как увеличивать, так и уменьшать — хоть до нуля.

Например, поднимая какие-то грузы, конструкторы должны учитывать, что во время резких рывков троса вес груза возрастает, и трос может не выдержать возможного напряжения. Или, стоя на платформе медицинских либо напольных домашних весов, мы заметим, как меняются их показания, если мы начнем приседать или двигать вверх-вниз руками.

Таким образом, вес испытывают те предметы, на которые что-то давит — пол, по которому мы ходим, стул, на котором сидим, веревка, за которую мы уцепились. Все эти тела выполняют одну функцию: мешают нам

провалиться вниз или свалиться с чего-то, за что и «расплачиваются» принятой на себя нагрузкой.

НЕВЕСОМОСТЬ — ОСВОБОЖДЕНИЕ ОТ ВЕСА

Как избавиться от веса? Если вес — это давление на опору, то поступить просто: опору убрать.

Ах!.. В животике что-то обрывается, и мы летим вниз. Опоры нет, веса, значит, нет, что же это тогда? Ничего не остается, как назвать *это* **невесомостью.**

Выходит, что любое падение приводит к невесомости? Конечно, нет. Только **свободное падение**, когда отсутствует воздух. Однако в начале наших прыжков, к примеру, с парашютом или с вышки в бассейне он не очень мешает движению, и оно близко к свободному падению. А уж тем более движение спутника вокруг Земли — свободное падение в чистом виде. Да, да,



именно падение, ведь не будь **притяжения** Земли, спутник умчался бы по инерции вдоль нескончаемой прямой. А так и он, и все находящиеся в нем предметы, хоть и крутятся вокруг Земли, но все время одинаково падают, причем свободно. А раз падают вместе, то перестают давить друг на друга — не весят.

Все это объясняет удивительные явления, наблюдаемые на **орбитальной станции.** Маятниковые часы замирают, капли воды не падают, а медленно «плавают» внутри кабины, карандаш, закрученный рукой космонавта, продолжает вертеться на месте «в воздухе». Вообще исчезают понятия пола и потолка, «верха» и «низа».

А теперь задумайтесь вот над чем: будут ли в невесомости действовать какие-либо **весы?** Если вы ответите на этот вопрос, то поймете, что в невесомости пропадают лишь силы давления тел друг на друга, но притяжение Земли продолжает действовать на все тела.

И еще один занятный вопрос. Можно ли дать объявление: «Избавлю от лишнего веса путем отправки в невесомость»?

ПОЧЕМУ ПРОГИБАЮТСЯ СТУЛЬЯ?

«Вот это стул — на нем сидят. Вот это стол — за ним едят». Вы помните, конечно, эти стихи С.Маршака? А давайте теперь спро-

сим себя, что происходит со стулом, когда на нем кто-то сидит?

Если этот стул сделан из твердого дерева, — а вам известны и металлические, и пластмассовые твердые стулья, — то на глаз ничего не заметить. Но если это плетеный стул, а еще лучше — с брезентовым или матерчатым сидением, то сразу можно увидеть, как оно прогибается под нашим весом. Встаем — и прогиб исчез.

Теперь представим себя на песчаном пляже. Если мы плюхнулись на мокрый песок, то, поднявшись, обнаружим контуры своего тела, отпечатавшиеся на берегу. То же самое произойдет и с воском, глиной, мягким гипсом или пластилином — все они



«откликнутся» на наши усилия (**вес** либо **давление**) и запечатлеют их. Благодаря этому можно лепить из глины скульптуры или посуду, наложить гипс на сломанную руку, сделать свечу из расплавленного воска или парафина.

Выходит, каждое тело по-своему отзывается на действие других тел. Одни легко восстанавливают свою измененную форму, другие так и «застывают» в том виде, какой им придали. Такие нарушения формы тел в науке называют **деформациями**. В первом случае их именуют **упругими**, а во втором — **пластическими**.

О деформациях чрезвычайно важно знать, когда изготавливается, например, мебель или строят здания, возводят мосты или льют металл. Вообразите, что вам предложили сесть на стул из мягкой глины либо есть пластилиновой вилкой. Или, наоборот, попросили вылепить фигуру из куска алюминия.

Не умей человек рассчитать деформации, он не смог бы построить высоченные телебашни, раскинуть в космосе ажурные металлические конструкции, заставить летать самолеты и плыть — корабли.

А если вам захочется поэкспериментировать с деформациями, что называется, не напрягаясь, засуньте в рот пластинку жевательной резинки. Подумайте, с какими видами деформации вы теперь можете столкнуться?

КАК РАСТЯГИВАЮТСЯ ПРУЖИНЫ?

Наверняка вам попадали в руки симпатичные игрушки из пружинок. Каких только фокусов нельзя придумать с ними! Понаблюдав за какой-нибудь из таких пружинок, можно заметить, как это выяснили уже много лет назад, что растягиваются или сжимаются пружинки тем заметнее, чем сильнее их тянут или сдавливают.

Такую особенность упругих **пружин** очень тщательно изучал английский естествоиспытатель Роберт Гук более 300 лет назад. Его опыты позволили установить **закон**, вошедший в историю под его именем. Лучше всего этот закон можно продемонстрировать с помощью пружинных весов. Подвесили к ним



Роберт Гук (1635-1703) — английский физик, известный трудами по теплоте, оптике, небесной механике. Открыл закон упругости твердых материалов. Усовершенствовал микроскоп, первым с его помощью описал клетки растений. Изобрел барометр, дождемер, ватерпас, один из видов телескопов.

груз в 1 килограмм — пружина весов растянулась, скажем, на 1 сантиметр. Подвесим 2 килограмма — на 2 сантиметра и так далее, пока не оборвется.

Посмотрите, а ведь этот закон позволяет сравнивать между собой различные тела по очень важному их свойству — **массе.**

На Земле пружина дает нам знать о том, насколько сильно наша планета притягивает взвешиваемое тело. Ведь именно пружина не дает телу упасть, удерживает его. И с тем большей **силой,** чем массивнее тело, то есть чем больше оно стремится к Земле.

А могли бы те же весы определить массу тела в невесомости? Обычным способом, находясь в покое — нет. Но если бы мы стали тянуть наше тело с помощью пружинки, то быстро бы выяснили, что более массивные тела труднее поддаются разгону и заставляют пружинку растягиваться сильнее.

Мы описали превосходный способ узнать, ускоряется или нет какая-нибудь машина: ракета, или, к примеру, автомобиль. Установленные в них массивные шарики, прикрепленные к стенкам пружинами, своими перемещениями как бы указывают на разгон или торможение машины. Их и называют — акселерометры, или приборы для измерения ускорений. Такие приборы очень важны для навигации.

ЧТО «ДЕРЖИТ» НАС НА ВИРАЖЕ?

Давайте поразмышляем над некоторыми примерами круговых движений. Спутник несется по **орбите** вокруг Земли, велосипедист делает плавный поворот по дорожке велотрека, вы, привязав резинку к ластику, раскрутили его над головой. Будем исследователями и постараемся ответить на вопрос: что удерживает все эти тела на окружности? И как настоящие ученые, мы должны будем придти к выводу — чьи-то усилия. А именно: тяготение Земли, **трение** о дорожку, упругое натяжение резинки.

Эта общая особенность движений по закругленным траекториям позволяет делать расчеты во всех случаях, когда что-то надо повернуть: трамваи и поезда, катящиеся по рельсам; автомобили и мотоциклы, мчащиеся по асфальту; конькобежца на ледяном кольце; самолет на вираже... Везде необходимо найти еще и «участников» движения, которые помогли бы нашим телам совершить поворот. Нетрудно обнаружить, что их усилия будут тем меньше, чем медленнее движется тело или чем поворот плавнее.

Оказывается, что в гигантских «микроскопах» современной физики — **ускорителях** частиц — ученым приходится сталкиваться с похожей задачей. Мельчайшие частички

материи разгоняют до таких огромных скоростей, что для поворота им нужны очень плавные дуги. Из-за этого кольца ускорителей приходится делать очень большими — десятки километров по окружности. Кое-где такие ускорители проходят даже по территориям двух стран.

Поскольку подобный ускоритель — чрезвычайно громоздкое сооружение, его в некоторых случаях решают...упрятать под землю. Для этого применяют специальные проходческие машины, сходные с теми, что прокладывают туннель для поездов **метро.** Точность, с которой работают эти механизмы, необыкновенно высока. Например, проходя туннель с двух сторон, они способны состыковаться,



отклонившись друг от друга буквально на миллиметры.

Вот пример, как на решение одной важной задачи приходится собирать силы самых разных разделов науки и техники.

КАК СДЕЛАТЬ «МЕРТВУЮ ПЕТЛЮ»?

Раскрутим ластик, привязанный на резинке так, чтобы он двигался на одной и той же высоте. Иными словами — в горизонтальной плоскости.

Теперь плавно начнем разворачивать эту плоскость, пока она не станет вертикальной. Наша рука почувствует, что в отличие от первого случая, сила натяжения резинки теперь непостоянна. Ну-ка, последим вместе: ластик пошел вверх — резинка ослабевает, устремился вниз — натягивается сильнее.

А что если мы сами все слабее станем натягивать резинку? Увы, — ластик в какой-то момент «не дотянет» до высшей точки и свалится вниз. Как говорится, сойдет с дистанции.

Что же нужно ластику, чтобы не срываться? И ему, и гимнасту на перекладине, и шарику, катящемуся по изогнутому петлей желобу, и самолету, входящему в «мертвую петлю», нужен запас скорости. Иначе говоря, наше тело необходимо разогнать, потому что,

как только оно начнет подниматься вверх, **скорость** его станет убывать.

Эту связь можно установить, раскачивая **маятник** или качели. Чем сильнее вы их толкаете, тем выше они поднимаются. И при каком-то, достаточно сильном толчке, — р-раз! — «перевернутся через голову». Точно так же для совершения «мертвой петли» летчик разгоняет свой самолет до большой скорости и взмывает вверх. Для того чтобы быть уверенным в успехе, необходим очень точный расчет. Именно знания, помимо смелости и отваги, позволили российскому летчику Петру Нестерову совершить в 1913 году первую «мертвую петлю» на самолете.

Если же летчик продолжит свое кружение в «петле», то, как и ластик на резинке, он будет ощущать то уменьшение (при наборе высоты), то увеличение (при спуске) своего **веса**, то есть многократные **перегрузки.**

НУЖНО ЛИ ИЗБАВЛЯТЬСЯ ОТ ТРЕНИЯ?

Обратимся еще раз к помощи мысленного **эксперимента.** Вообразим, что во всем мире некому волшебнику удалось «выключить» **трение.** А теперь подумайте, к каким непредвиденным последствиям это привело бы.

Во-первых, вы, разумеется, выяснили бы, что трение бывает отнюдь не всегда вредным,

хотя именно от него в тысячах ситуаций стремятся избавиться. Например, смазывают детали механизмов и машин, чтобы уменьшить их износ и не терять впустую энергию, уходящую на бесполезный нагрев. Однако без трения мы не могли бы ходить, колеса машин без толку крутились бы на месте, бельевые прищепки ничего не смогли бы удержать, и так далее...

Во-вторых, продолжая теперь вместе наши фантазии, мы в конце концов добрались бы до причин, порождающих **трение**. И здесь открывается самое интересное. Во время **скольжения** одного предмета по другому происходит словно бы зацепление микроскопических бугорков друг за друга. Но если бы этих бугорков не было, то это не значило бы,



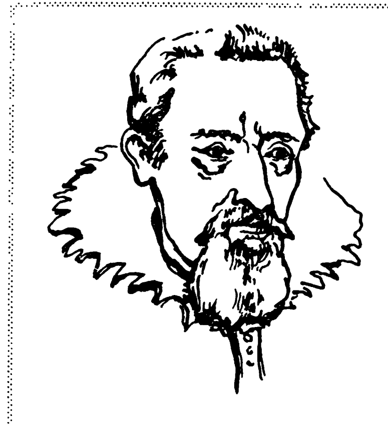
что сдвинуть предмет или тащить его стало бы легче. Возник бы так называемый эффект **прилипания**, который вы легко обнаружите, пытаясь, скажем, сдвинуть стопку книг в глянцевой обложке вдоль поверхности полированного стола.

Значит, не будь трения, не было бы этих крошечных попыток каждой частички вещества удержать подле себя соседок. Но тогда как вообще эти частички держались бы вместе? Иными словами, внутри различных тел исчезло бы стремление «жить компанией». То есть вещество развалилось бы до мельчайших деталек, как рассыпался бы на части от сотрясения домик из детского конструктора.

Вот к какому неожиданному выводу можно придти, если допустить отсутствие трения. Как и со всем, что нам мешает, с ним надо бороться, но абсолютно избавиться от него не получится, да и не надо.

КАКИЕ БЫВАЮТ ПРИЛИВЫ?

Как вы думаете, можно назвать вас неподвижным, если вы целые сутки просидите на одном и том же месте, не шелохнувшись? Умудренные опытом относительности, вы начнете приводить примеры ваших разнообразных движений — в Солнечной системе, во Вселенной...



Иоганн Кеплер (1571-1630) — немецкий ученый, один из творцов небесной механики. Установил три необыкновенно важных закона движения планет. Они стали основой для открытия И.Ньютоном закона всемирного тяготения. Создал теорию оптического изображения и механизма видения глазом. Изучал ход световых лучей в подзорной трубе и усовершенствовал ее.

Ну, а если относительно Земли? Почесав в затылке, вы согласитесь: да, нахожусь в покое. Но, как всегда, новый вопрос заставляет вас сомневаться, казалось бы, в очевидном. И правда, «покой нам только снится»...

Действительно, есть еще одно, ну совершенно незаметное для нас движение, которое мы совершаем вместе с поверхностью Земли, но теперь — относительно ее центра. Вызвано оно... **притяжением** Луны. Тем, кто усомнился в этом, советуем побывать на берегу океана. Уж тогда-то морские **приливы** и отливы наглядно продемонстрируют вам это явление. Просто текучая вода легче откликается но «зов» лунного тяготения. А твердая оболочка земной суши реагирует на притяжение Луны слабее. Но чувствительными приборами были зарегистрированы плавные

колебания земной тверди вверх-вниз в несколько десятков сантиметров. Почему колебания? Да потому, что Луна, обращаясь вокруг Земли, меняет свое положение, то появляясь над головой, то уходя за горизонт.

Этот эффект — одно из проявлений **всемирного тяготения.** Закон, которому оно подчиняется, был открыт знаменитым англичанином Исааком Ньютоном. Согласно легенде, подтолкнуло Ньютона к открытию яблоко, упавшее в саду ему на голову. Задумавшись над связью между притяжением яблока к Земле и движением планет, Ньютон и пришел к выводу о всепроникающей способности тяготения. И хотя современная физика рассматривает тяготение как самую слабую природную силу, в масштабах космических тел оно способно вызвать такие эффектные явления, как **приливы.**

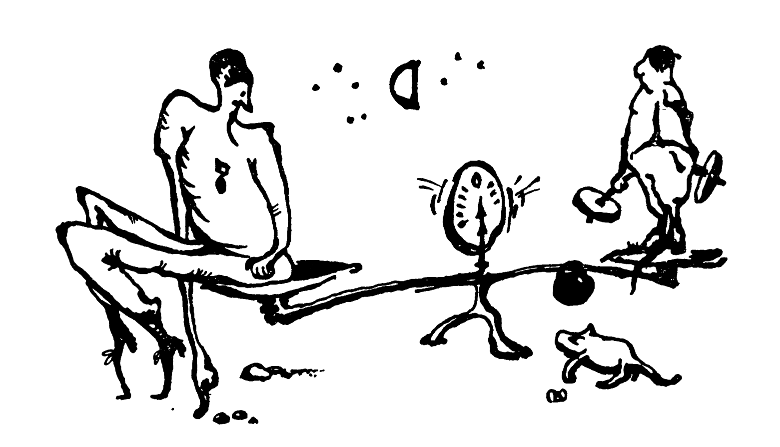
ЧТО ТАКОЕ РАВНОВЕСИЕ?

Проделаем простой опыт. Положим на край стола деревянную или пластмассовую линейку и медленно начнем ее выдвигать. В какой-то момент линейка перевалится через край и упадет на пол. До своего «кувырка» в каждом положении линейка, как говорят, находилась в **равновесии.** Вслушаемся в это слово. Каков его смысл? Равный **вес,** уравновесить. То есть какие-то веса, то ли разных

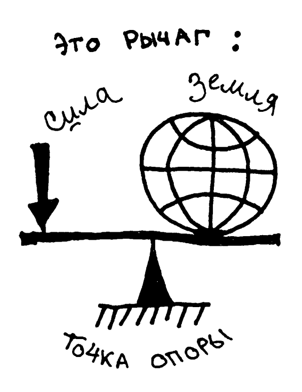
тел, то ли частей одного тела, сделать одинаковыми. Нарушили равновесие — и тело вышло из покоя.

Еще один опыт. Чтобы взвесить какой-либо груз, мы можем воспользоваться рычажными **весами.** Они наверняка вам хорошо знакомы как коромысло с двумя подвешенными чашечками. Груз кладут на одну чашку, гирьки — на другую, и добиваются того, чтобы коромысло стало горизонтальным, ровным. Отсюда — и **равновесие.**

Отчего мы все-таки считаем, что вес груза равен весу гири? Ведь на медицинских весах гирьки, перемещаемые по верхним рычажкам, намного меньше, чем взгромоздившийся, например, на платформу тяжелоатлет.



Все дело в том, что для полного равенства весов необходимо выполнение еще одного условия: грузы должны располагаться на одинаковых расстояниях от оси, на которой качается коромысло.

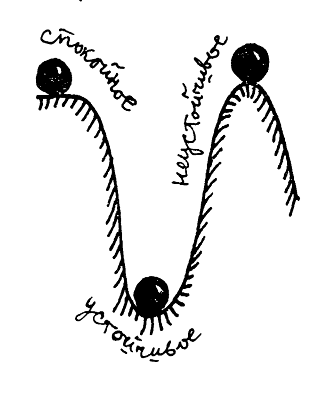


Если эти расстояния, а их еще называют «плечами», оказываются разными, то наш прибор придет в равновесие уже при разных, не равных друг другу грузах. Это наглядно показывают самые простые качели — из доски, положенной на бревно. Если на один их край сел кто-нибудь полегче, то более тяжелый человек для равновесия должен подвинуться от своего края к середине качелей-**рычага.**

Все эти нехитрые опыты и рассуждения подтверждают давно известное в **механике правило.** Оно даже было названо **«золотым».** Если вы еще о нем не слышали, то никак не обойдете его, изучая физику. А звучит оно так: «Сколько выигрываем в весе, столько теряем в расстоянии».

СКОЛЬКО ВСЕГО «ПРОСТЫХ» МЕХАНИЗМОВ?

Вопрос, который одним из первых приходит в голову при взгляде на пирамиды Древнего Египта, — «как же могли их построить?» Ни подъемных кранов, ни мощных самосвалов тогда, разумеется, не было. Однако только мускульной силы людей, конечно, не хватило для возведения этих циклопических сооружений. Значит, люди как-то умудрились многократно увеличить свои усилия. Известно, что древним египетским механикам были знакомы такие приспособления, как **рычаг** и **клин**. («Клин клином вышибают»). А вот в Древней Греции элементами различных, иной раз очень остроумно сделанных машин были еще **блок** и **наклонная плоскость.**



Удивительно, что сколько ни придумывали люди различных механизмов-усилителей, в основу их устройства всегда заложены лишь 2 типа: рычаг и наклонная плоскость. Оказывается,

все остальное можно получить, только комбинируя эти два устройства. Необыкновенно изобретателен человек — вы можете обнаружить использование этих, так называемых **простых механизмов** на каждом шагу. В подъемном кране мы видим, груз на одном конце стрелы уравновешивается, как в рычаге, тяжелыми бетонными блоками на другом; вворачивая в стенку шуруп, мы «опираемся» на выигрыш в силе, который дает наклонная плоскость, «обернутая» вокруг оси шурупа. И даже садовая тачка — тоже простая машина, облегчающая наши усилия. Найдите, кстати, в ней рычаг.

Конечно, со временем, когда потребовалось улучшить работу подобных механизмов, пришлось серьезно изучать принципы их действия. Начало таких исследований идет от знаменитого древнегреческого ученого Архимеда. Дальнейшее их развитие позволило оформиться **статике** — разделу механики, изучающему **равновесие** тел.

Когда вы колете орехи, то не думаете о какой-либо науке. Но приглядитесь, и вы увидите, что в ваших руках — простой механизм. Попробуйте обнаружить еще такие механизмы вокруг вас — это послужит хорошей практикой по **механике.**

КУДА ПРОПАДАЕТ ДВИЖЕНИЕ?

Очевидно, вы видели немало фильмов о войнах — либо настоящих, либо фантастических. Везде, как и положено во время войны, что-нибудь взрывается. Не успеешь и глазом моргнуть, как **снаряд** или граната разлетаются на мелкие осколки во все стороны.

Взрыв — настолько хорошо знакомое (хорошо, что только по фильмам) явление, что мы не всегда задаемся вопросом, а откуда взялось **движение** этих осколков? А если и задаемся, то быстренько и отвечаем: так это взрывчатка (порох или динамит) раскидала их.

Давайте попробуем пленку с заснятым взрывом мысленно прокрутить в обратную сторону, да еще в замедленном темпе. Возникнет забавная ситуация: раскиданные осколки, дым и пыль начнут как бы сжиматься, собираясь в одно место, где, в конце концов, «сложится» целый **снаряд**. И если он до взрыва покоился, как, скажем, мина, то и на нашей пленке он теперь будет лежать целым и невредимым.

Пример, действительно, забавный — такого быть не может. Но если бы вдруг это произошло, среди прочих встала бы загадка: а куда делось **движение**?



Смоделируем подобную ситуацию, которая уже вполне реальна. Два одинаковых пластилиновых шарика катятся навстречу друг другу с равной скоростью. Что произойдет, когда они столкнутся? Вряд ли вы долго будете искать ответ, вот он: шарики слепятся и... останутся на месте. Разве это не похоже на взрыв «наоборот»? Куда же делось движение?

Поразительная способность движения возникать и исчезать давала богатую пищу для размышлений великим умам. Плодом этих раздумий стало понятие количества движения, введенное в XVII веке. На его основе возник один из самых главных законов природы — закон сохранения количества движения.

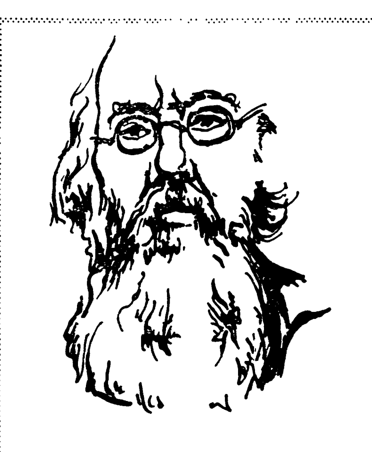


Рене Декарт (1596-1650) — французский философ, физик и математик. Сформулировал закон сохранения движения, закон инерции, исследовал законы удара. Положил начало оптике как науке, дал объяснение радуге. Автор теории магнетизма. Стремился построить общую картину природы, исходя из движения больших и малых частиц.

Как же оно сохраняется, спросите вы, если только что возникало и исчезало? Дело в том, что количество движения может быть разнонаправленным и, как при взрыве, разные его части компенсируют друг друга. Вспомните «Тараканище» К.Чуковского — «волки скушали друг друга». Нечто подобное происходит и здесь.

КАК РАБОТАЕТ РАКЕТА?

Неопытный стрелок, забыв прижать приклад ружья или винтовки к плечу, получает при выстреле резкий удар. Тем самым он испытывает действие закона сохранения количества движения или, другими словами, **им-**



Константин Эдуардович Циолковский (1857-1935) — российский ученый и изобретатель. Работал в области аэро- и ракетодинамики, теории самолета и дирижабля. Впервые обосновал возможность применения ракет для межпланетных сообщений. Разработал теорию движения составных ракет или ракетных поездов. Предложил стабилизировать ракеты в полете с помощью волчков-гироскопов.

пульса. Сколько движения передает заряд вылетевшей пуле, столько же, но в другую сторону, он обязан передать ружью. Еще это явление называется **отдачей.**

Отдачу испытывает вода при движении корабля, воздух при полете самолета. И даже вся (!) наша Земля, когда мы, отталкиваясь от нее, идем по ней. Только в последнем случае заметить ее реакцию на наше движение невозможно — так она велика. Но если вы встанете на большой металлический или деревянный барабан, укрепленный на детской площадке, то стоит вам сдвинуться с места, как он начнет вращаться в обратную сторону. Или вспомните белку, бегущую в колесе.

Все это — примеры **реактивного движения**, когда для смещения какого-то тела в

одну сторону необходимо, чтобы другое двигалось в противоположную. Реактивный принцип был известен очень давно. Китайцы более 800 лет назад использовали его в ракетах для фейерверков. Затем ракеты стали применять в военных целях. Известно ли вам, что ими стреляли в битве под Лейпцигом, когда Наполеон потерпел поражение? А наши «Катюши» хорошо знают все!

Космическая эра заставила ученых и конструкторов искать наиболее подходящий двигатель для ракетной техники. Оказалось, что только реактивный двигатель отвечал требованиям, которые ставили условия полетов. Газовая струя, возникающая при сгорании топлива, вырывается с огромной скоростью в одну сторону, заставляя ракету двигаться в противоположном направлении.

И в авиации достичь больших высот и скоростей удалось лишь с началом применения реактивного двигателя. А если вы хотите построить такой двигатель дома, то в самом простом варианте вам понадобится только ... воздушный шарик. Догадались, что надо сделать, чтобы по квартире понеслась «ракета»?

ОТ ГУСЕНИЦЫ — К ВЕЧНОМУ ДВИЖЕНИЮ

Почему колеса автомобиля заставляют его двигаться вперед? Когда автомобиль застревает в непогоду в грязной луже или в снегу, его колеса буксуют, а машина лишь трясется на месте. Выручают ветки, сучья, порой — и одежда, которые подкладывают под колеса, чтобы улучшить их сцепление с дорогой.

Очень хорошо это можно увидеть, когда мы наблюдаем за движением гусеничного трактора или танка в кинофильме о войне. Выступы на гусеницах даже оставляют вмятины на дороге, наглядно демонстрируя, как для движения приходится отталкиваться от поверхности.



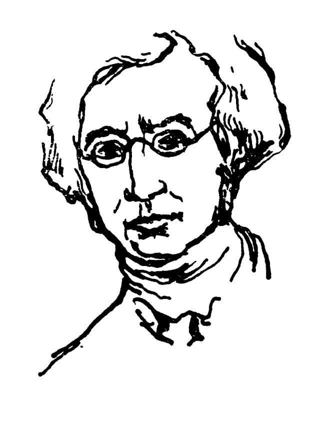
А где вам еще приходилось видеть такое движение, похожее на гусеничный ход? Пожалуй, вы легко вспомните эскалатор в метро или конвейер для уборки посуды в школьной столовой. Смотрите, как занимательно: в одних случаях **гусеницы** или ленты позволяют перемещаться машине целиком, в других, оставаясь на месте, передвигают по себе грузы.

Такие возвратные механизмы порой наталкивали на мысль о возможности существования вечного движения. В многочисленных проектах **«вечных двигателей»** одним из основных элементов была похожая конвейерная лента. Но ее приводил в движение не какой-нибудь двигатель извне. Она сама должна была часть потерянного с одной стороны движения вернуть на обратном пути. А кое-кто считал, что можно вернуть не столько же, а чуть-чуть побольше.

К сожалению, такие даровые самодвижущиеся машины никогда не удавалось построить на практике. Законы природы запрещают существование такого двигателя.

КАКАЯ БЫВАЕТ ЭНЕРГИЯ?

А что это такое? Когда, например, говорят — «энергичный человек», то имеют в виду непоседу или деятельного человека, успевающего многое сделать. В каком-то смысле **энергия** как физическое понятие означает то



Юлиус Роберт Майер (1814—1878) — немецкий врач. Впервые сформулировал закон сохранения энергии. Основывал свое открытие на медицинских наблюдениях. Теоретически вычислил механическую равнозначность теплоты, допуская, что теплота и механическая работа могут переходить друг в друга.

же — способность выполнить какую-либо **работу**. Скажем, перетащить, перевезти или поднять грузы, по чему-то ударить, что-то разрушить. Поэтому при совершении работы мы всегда говорим о затратах энергии.

Энергия — очень многоликое понятие. Нет ни одного раздела физики, да и не только ее, где бы ни пришлось с ней столкнуться. В **механике** же рассматривают только два ее вида — **потенциальную и кинетическую.** Мы подняли, к примеру, стул. Проследим, что мы при этом сделали. Приложили усилия — раз, совершили работу — два, затратили энергию — три. Теперь, держа стул на высоте, мы можем сказать, что он обладает запасом **потенциальной энергии,** или энергии положения. Опустим стул. Падая, то есть теряя высоту, он будет терять и свою потенци-

альную энергию, но она при этом «перетечет» в энергию движения — **кинетическую,** которой обладает любое движущееся тело.

Свидетельством того, что у стула действительно был запас энергии, послужит вмятина в полу, которую при падении оставит стул. Вряд ли кому понравятся такие эксперименты, поэтому обратимся к плотине гидростанции. И что же? Все то же самое — накопленная в водохранилище речная вода, срываясь вниз, «меняет» запас потенциальной энергии на кинетическую и вращает колеса турбин, производящих **электрический ток.** Иными словами, совершает работу.

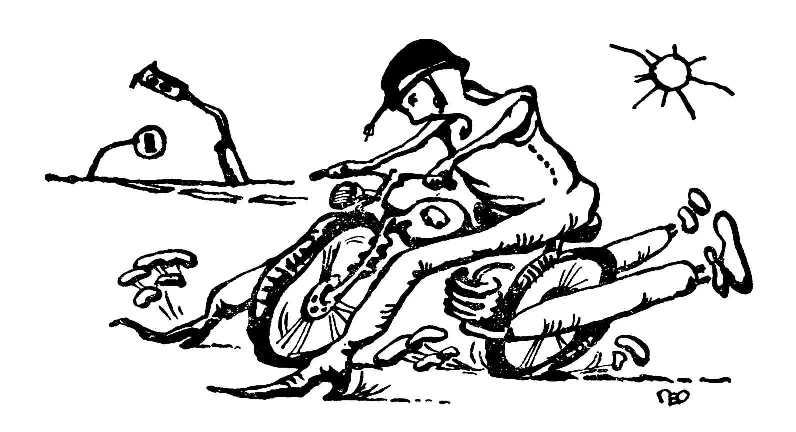
Удивительна способность энергии сохраняться. Она может переходить из одного вида в другой, как мы только что видели на примере стула и падающей воды, а в целом не изменять свой общий объем. Это ее качество нашло отражение в законе сохранения энергии — одном из самых великих законов природы.

ДЕЙСТВИЯ ПОЛЕЗНЫЕ И БЕСПОЛЕЗНЫЕ

Что мы делаем, если замерзли руки? Трем их друг о друга. Энергично потерли — нагрели руки. Но ведь мы совершили **работу,** интенсивно двигая ладонями. И на что же пошли наши усилия? Язык сам просит ска-

зать — перешли в **тепло.** Еще пример. Разогнавшийся до большой скорости автомобиль резко затормозил на перекрестке у светофора и остановился. А затраты на его движение куда исчезли? Здесь уже не обойтись без применения понятия «энергия». С ним ответить просто: **кинетическая энергия** автомобиля перешла в **тепло.** При торможении нагрелись колеса и другие части машины, асфальт и даже окружающий воздух. Ведь мы хорошо знаем, что для нагрева тел, скажем, сковородки на плите, нужно где-то взять и передать им тепло.

Значит, и в этих случаях энергия в целом не теряется, а лишь меняет облик, совершает



переходы из одного вида в другой. Но для нужного нам, иными словами — полезного действия подходят только определенные виды энергии, другие же окажутся для нас «потерянными». Когда мы кипятим воду в чайнике, то используем для этой цели лишь часть энергии, выделившейся при сгорании газа или спиралью электроплитки. Когда мы с помощью наклонной доски втаскиваем в кузов автомобиля ящик, мы совершаем большую работу, или затрачиваем больше энергии, чем нужно при непосредственном его подъеме на эту высоту.

Поэтому все механизмы и устройства, преобразующие энергию, имеют так называемый **коэффициент полезного действия** (к.п.д.). Он показывает долю нужной, полезной нам работы в общих затратах энергии данной машины. Например, та же наклонная доска может иметь к.п.д. 50 процентов. Что это значит? А то, что половина всей затраченной энергии действительно пошла на подъем груза, а другая половина «растерялась» по дороге на нагрев как груза, так и окружающих его тел.

МОЖНО ЛИ НАРУШИТЬ ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ?

Что принесло человеку знание законов механики? С одной стороны, благодаря им он смог совершенствовать свои машины или изобрести новые, немыслимые до поры до времени либо воображаемые писателями-фантастами. С другой, как это ни грустно, он понял, что какие-то его фантазии, по-видимому, не осуществятся никогда. Самый яркий пример — история создания **«вечного двигателя»**.

Используя понятие **коэффициента полезного действия**, мы вынуждены утверждать, что он достиг бы или даже превысил у «вечного двигателя» 100 процентов. Иначе говоря, должна была бы из «ничего» производиться **энергия**. А это как раз и запрещает закон ее сохранения.

Конечно, люди, пытающиеся создать «вечный двигатель», исходили и до сих пор исходят из благих побуждений. Просто замечательно, если бы, однажды построенные, такие двигатели только и делали, что снабжали бы нас энергией. Веселая бы жизнь наступила!

Но ведь не зря говорят — «без труда не выловишь и рыбки из пруда». Нам надо смириться с тем, что надежно установленный **закон природы** стоит выше любых самых благих наших пожеланий. И если нам хочется

что-то приобрести, то всегда надо помнить о том, что придется что-то и потерять.

Наука уже более 200 лет как отказалась от поддержки идеи «вечного двигателя». И этим преподнесла важный урок — путь познания не может привести к безудержно радостным открытиям. На нем попадаются не только «розы», но и «шипы» — строгие запреты законов природы.

ДАВАЙТЕ ПОРАЗМЫСЛИМ

? *О каком явлении идет речь в пословице: «Посмотри сквозь перила моста, и ты увидишь, как мост плывет по неподвижной воде»?*

? *Что имеют в виду, когда говорят: «Пошло дело, как по маслу»?*

? *Почему ржавой иглой трудно шить?*

? *Зачем завязывают узлы? Когда они прочнее?*

? *Правду ли говорит пословица: «От того, что будешь бегать взад и вперед по лодке, разве лодка быстрей достигнет берега?»*

? *Когда явление отдачи полезно? А когда приводит к неприятностям?*

? *Почему «ветки ивы под тяжестью снега не ломаются»?*

? *Верно ли, что «на одном колесе не уедешь»?*

? *Отчего при вращении стакана с водой на ее поверхности образуется воронка?*

? *Как узнать, сырое яйцо или вареное, не разбивая скорлупы?*

? *Почему при быстром вращении ведра с водой она из него не выливается?*

? *Где мы тяжелее — на полюсе или на экваторе?*

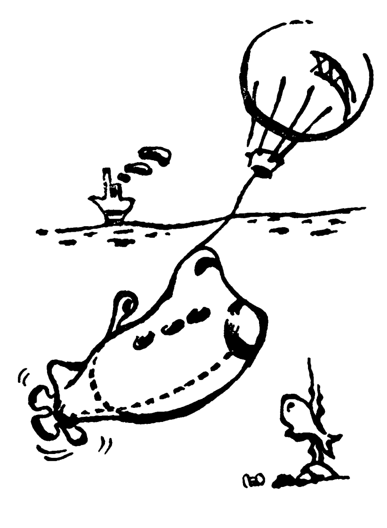
? *Почему, проходя крутой поворот на автомобиле, нужно притормозить?*

? *Какой закон лежит в основе пословицы: «Что тратишь, поднимаясь в гору, вернешь на спуске»?*

МИР ДВУХ СТИХИЙ



Из чего сделан поплавок? 84
Можно ли плавать под водой? 86
Как плавает подводная лодка? 88
Что выталкивает нас из воды? 89
Почему в море плавать легче? 91
Отчего опрокидываются корабли? 93
Какие бывают корабли? 95
Как действуют шлюзы? 97
Где надо возводить плотины? 98
Как двигаться в воде быстрее? 100
Под парусом и на доске 102
Почему жидкость течет? 104
Как рыба в воде, как птица в воздухе . . . 106
Давит ли воздух на землю? 108
Велико ли давление воздуха? 110
Как давят воздух и вода? 113
Что поднимает в воздух шар? 115
Как взлетает самолет? 117
Отчего самолет летит? 119
Почему вертолет зависает? 122
Как прыгать с парашютом? 124
«Ветер, ветер,ты могуч...» 127
Где появляются смерчи? 128
Как в море рождаются волны? 130
Чем одолеть грозу? 132
Так ли тверда земля? 134
Давайте поразмыслим 136



В небесах разыгралася буря,
Из ущелий гудят голоса;
Опалил мне лицо мое ветер,
Растрепал он мои волоса...

И гуляли могучие волны,
Я над ними веселый скользил,
И с вершин их по пенистым скатам
Глубоко, глубоко уходил.

К.К.Случевский

Одни из самых сложных видов движения всегда окружали и окружают нас. Это ветер — перемещение масс воздуха — и течение воды. Но даже находясь в покое, две стихии постоянно заставляли человека разгадывать загадки.

Почему плавают рыбы? Отчего не падают на землю птицы? Как построить корабль, чтобы он не перевернулся? Можно ли сделать машину, висящую в воздухе?

Пытаясь ответить на эти вопросы, люди создали немало наук. А начинаются их названия с двух слов: аэро — воздух и гидро — вода. Вслушайтесь — гидростатика и аэродинамика, гидрология и аэронавтика. А если сложить их всех вместе, получится преогромная наука — гидроаэромеханика.

Вот она и занимается изучением самых разнообразных движений как воздуха и воды, так и всех находящихся в них тел — человека и животных, подводных лодок и стремительных глиссеров, воздушных змеев и шаров, вертолетов и самолетов.

О чем же поведает нам эта механика — наука о двух стихиях?

ИЗ ЧЕГО СДЕЛАН ПОПЛАВОК?

Вы собираетесь на рыбалку. Помимо удилища, лески, крючка и, конечно, наживки, вам потребуется поплавок. Из чего его изготовить? Раз поплавок — значит должен плавать. Оглянемся вокруг себя. Скорее всего, первой вам попадет на глаза пробка.

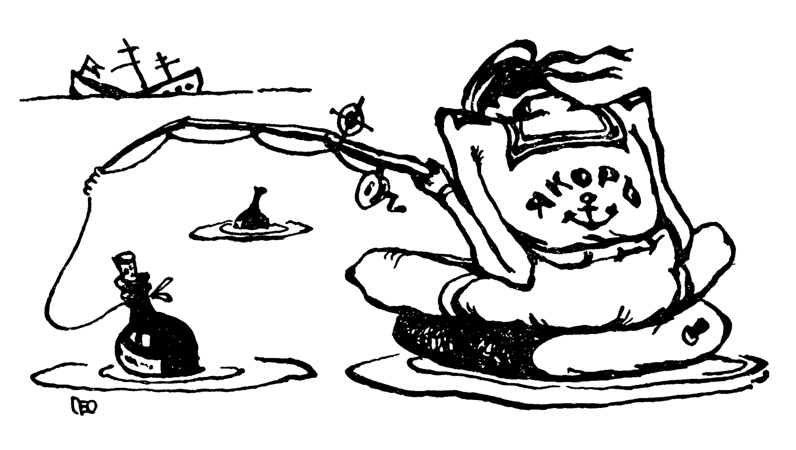
Почему пробка плавает? Да потому, что она гораздо легче воды. Пробку делают из коры пробкового дуба. Если вы ее внимательно рассмотрите, то заметите в ней большое количество пустот. Вода практически в них не проникает, и можно сказать, что пробку на воде «держит» воздух. Способность пробки плавать известна с незапамятных времен. Уже тысячи лет назад использовали спасательные приспособления, изготовленные из нее. И сейчас для спасательных кругов, жилетов, плотов зачастую применяют пробку.

Но разве только пробка способна плавать? Плавают бревна и доски, плавает лед, обра-

зовавшийся из той же воды. Чтобы выяснить, будет ли какое-то тело плавать в жидкости, надо сравнить их **плотности.** Это — характеристика вещества, показывающая, сколько его **массы** умещается в единице **объема.** Вот, скажем, в одном кубическом метре уместится одна тонна чистой воды, а льда — примерно 900 килограммов. Ответ сразу ясен: лед в воде всплывет.

Также на поверхности воды будут плавать масляные и нефтяные пятна. А капельки ртути, падающие в воду, пойдут на дно — ведь **ртуть** — металл и она намного плотнее воды.

Был проведен опыт (не пытайтесь повторить его дома — ртуть опасна!), когда в ртуть погружали различные металлы. Они всплывали в ней, как пробка в воде — вот насколько плотна ртуть.



А можно ли заставить какое-либо вещество не всплывать в жидкости? Да, если, например, осторожно ввести в смесь воды и спирта каплю растительного масла. Она неподвижно повиснет внутри жидкости, как если бы находилась в **невесомости**.

МОЖНО ЛИ ПЛАВАТЬ ПОД ВОДОЙ?

Вот смешной вопрос, скажете вы. Нырнул, и плыви. Ну, и долго ли так вы сможете плыть? Наверное, минуту, от силы — две. Очень опытные ныряльщики могут продлить это время, но все равно оно исчисляется минутами. Как же увеличить срок пребывания под водой?

Здесь не обойтись без каких-нибудь изобретений. Для проведения подводных работ на глубину опускали тяжелый колокол, под куполом которого оставался воздух. Тогда человек, находящийся под колоколом, мог дышать — и работать. Но это была очень громоздкая конструкция.

Затем был создан водолазный костюм. В нем человек мог передвигаться по дну и его возможности значительно возросли. Но попрежнему **водолаза** связывала с кораблем «пуповина» — сигнальные и воздухопроводные шланги. Еще одна проблема, с которой

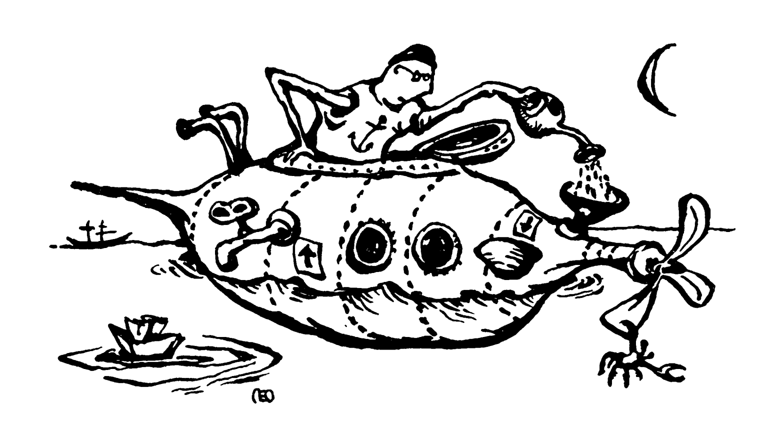
столкнулись подводники — с ростом глубины увеличивалось **давление** воды. При погружении на 10 метров оно возрастает на величину, равную **атмосферному давлению** воздуха. На поверхности Земли мы это давление привыкли не замечать. Но в воде с ним шутки плохи. Например, если быстро поднять водолаза с большой глубины, то его кровь может буквально закипеть. Так «закипает» газированная вода при открывании бутылки, то есть при резком падении давления. Это так называемая **кессонная болезнь.**

Что ж, так и не поплавать под водой подолгу и без привязи? Да нет, почему же. В 1943 году французский капитан **Жак Ив Кусто** изобрел **акваланг.** Теперь ныряльщик, снабженный запасом воздуха, сжатого под давлением в баллонах, мог долго оставаться под водой. Специальные регуляторы подают воздух ко рту, а выдох позволяют сделать в воду. С аквалангом можно свободно перемещаться под водой и находиться там десятки минут. К сожалению, причины, связанные с кессонной болезнью, не позволяют погружаться слишком глубоко. Для этого все-таки приходится прибегать к жестким водолазным костюмам.

КАК ПЛАВАЕТ ПОДВОДНАЯ ЛОДКА?

Конечно, вы видели, хотя бы по телевизору, современные подводные лодки. Это огромные корабли с командой из десятков человек, способные месяцами находиться под водой. Корпуса этих лодок сделаны из прочного металла, иначе им не выдержать чудовищное давление воды на глубине. Почему же этот, более плотный, чем вода, металл не тонет в ней? Ответ очевиден: лодка сделана не из сплошного металла, в ней есть пустоты. В каком-то смысле подводная лодка похожа на пробку, стремящуюся всплыть на поверхность воды.

Как же тогда лодка погружается? Все дело в том, что внутрь ее объема закачивают за-



бортную воду. «Общая» плотность лодки становится больше плотности окружающей воды и лодка «тонет».

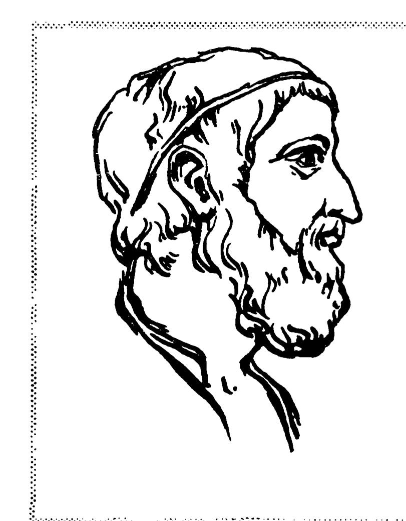
Первому документальному свидетельству о подводном судне более 400 лет. Но первенство в сооружении первой подводной лодки принадлежит голландскому изобретателю К. ван Дреббелю, испытывавшему в 1620 году свою конструкцию на реке Темзе.

Интерес к использованию подводных лодок в военных целях был очень велик. В качестве боевой техники они впервые применены во время американской гражданской войны в XIX веке.

В дальнейшем конструкции подводных лодок претерпели много изменений. Лучшие достижения науки и техники были использованы для их усовершенствования, вплоть до установки на них атомных двигателей. К сожалению, это одно из самых ярких изобретений человека до сих пор применяется в основном военными.

ЧТО ВЫТАЛКИВАЕТ НАС ИЗ ВОДЫ?

Лодки и корабли люди научились строить еще в древнейшие времена. Вопросы, связанные с мореплаванием, волновали их все больше и больше, особенно когда речь заходила о дальних путешествиях. Неудивительно, что



Архимед (ок. 287—212 до н.э.) — древнегреческий ученый. Занимался математикой, механикой, физикой и астрономией. Разработал научные основы статики, вывел законы рычага. Заложил фундамент гидростатики, ему принадлежит ее основной закон (закон Архимеда). Исследовал условия плавания тел. Изобрел машины для орошения полей, использовал винт, рычаг и блок для подъема больших грузов и в военных метательных машинах.

и древние греки уделяли много внимания проблемам плавания тел.

Выяснить, что же именно влияет на погруженное в жидкость тело, удалось знаменитому **Архимеду**. Чтобы понять, в чем смысл его известного **закона**, проведите несложный опыт. Опустите в тазик с водой или ванну что угодно, хотя бы собственную руку. Во-первых, вы заметите, что она словно стала легче. Во-вторых, обнаружите, что вода в ванне или тазике поднялась, вытеснилась. Вот Архимед и сформулировал по этим наблюдениям свой закон: на всякое тело, погруженное в жидкость (и в газе — то же самое), действует выталкивающая сила, равная **весу** вытесненной им жидкости.

Кстати, сразу можно разобраться с любопытным вопросом: будет ли работать этот за-

кон в невесомости? Разумеется, во времена Архимеда такой вопрос вряд ли мог придти кому-нибудь в голову. Сегодня же мы на него легко ответим. Раз нет веса, то и выталкивать погруженное тело будет нечему.

А вот для земных нужд применение этого «без устали» действующего закона крайне важно. С его помощью проводятся расчеты для всех подводных и надводных судов.

Объяснить его действие можно, зная, что давление жидкости растет с глубиной. Тогда понятно, что на днище, скажем, полностью погруженной в воду подлодки действует большее давление, чем на верхнюю часть ее корпуса. Разность этих давлений и создает направленную вверх выталкивающую силу. Оттого-то и возникает эффект **прилипания**, когда лодка садится на илистое дно. Давление воды сверху есть, а снизу — нет. Лодка прижата ко дну и ей без специальных усилий не всплыть.

ПОЧЕМУ В МОРЕ ПЛАВАТЬ ЛЕГЧЕ?

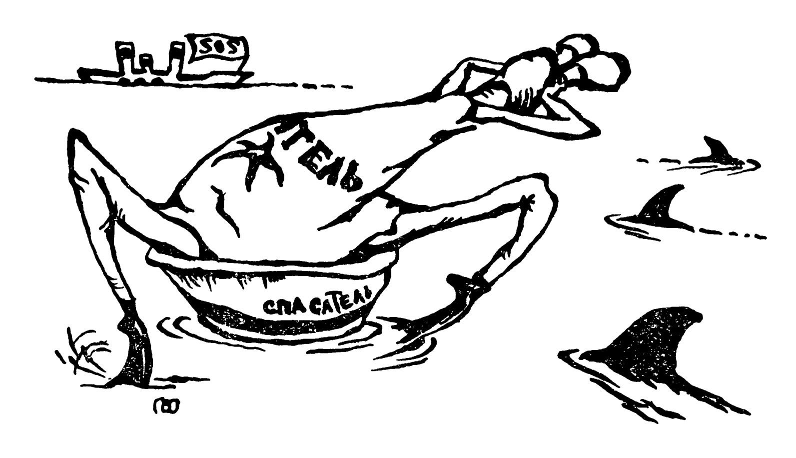
Замечали ли вы на речных и морских судах красную горизонтальную линию? Наверное, вы даже вспомните, как она называется — ватерлиния. Для чего ее проводят?

Если судно погружено в воду так, что ватерлиния хорошо видна, то это значит,

что его можно еще догрузить. А если вода подошла к этой линии или превысила ее, то это уже опасно — судно перегружено. То есть **выталкивающей силы** воды вот-вот не хватит, чтобы уравновесить судно вместе с грузом.

А вот какой интересный факт наблюдают те, кто плывет на корабле и переходит на нем из реки в море. Вчера еще, плывя по реке, можно было видеть, как ватерлиния почти касалась поверхности воды. А утром, при выходе из реки в открытое море, выяснилось, что расстояние от ватерлинии до воды заметно увеличилось.

Что же случилось? Неужели с корабля что-то выбросили? Или, может быть, ночью



с него сошли все пассажиры с багажом? Вовсе нет, **вес** корабля остался неизменным. Значит, и уравновешивающая его выталкивающая сила также не переменилась. Ну, так в чем же дело?

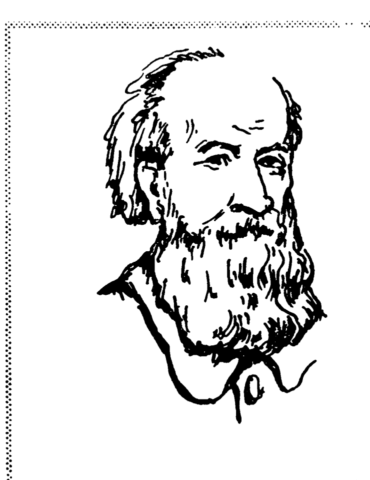
Пожалуй, вы поняли, что вся «соль» этого вопроса — в морской воде. Известно, что ее **плотность** превышает плотность речной воды за счет растворенной в ней соли. А в более плотной жидкости тело погружается меньше.

Вы можете удостовериться в этом, проведя дома опыт с детским корабликом, плавающим в кастрюле с водой, только не жалейте соли. А если приходилось в течение одних каникул поплавать и в реке, и в море, то вам доказательства не нужны.

ОТЧЕГО ОПРОКИДЫВАЮТСЯ КОРАБЛИ?

Бывает, что при переходе людей в лодке с места на место она раскачается, черпанет воды, а порой может и перевернуться. Большим кораблям, казалось бы, такое не грозит. Ну, что особенного, если по ним начнут ходить или бегать хоть все пассажиры вместе с командой?

Действительно, массивному судну практически незаметно, что по нему перемещаются люди, вес которых намного меньше. Однако,



Алексей Николаевич Крылов (1863—1945) — российский кораблестроитель, механик и математик. Создал теорию качки корабля, теорию непотопляемости судна, ввел множество новшеств в конструкцию кораблей. Занимался проектированием судовых компасов и артиллерийских приборов. При его участии были построены первые русские линкоры — крупные военные корабли.

если разговор пойдет о перевозимых судами грузах, то ситуация резко меняется.

Подумайте, какой корабль более устойчив? Тот, у которого поклажа опущена в трюм? Или тот, палуба которого заставлена, например, тяжелыми контейнерами? А трюм пуст или заполнен чем-то легким вроде гуманитарной помощи из пуховых курток? Недолго размышляя, вы отдадите предпочтение первому кораблю. Даже если грузы у второго надежно закреплены и сами не раскачивают судно, передвигаясь по палубе, то даже небольшое волнение способно будет так раскачать корабль, что неминуемо опрокинет его. Поэтому опытные капитаны всегда стремятся при погрузке в порту самую тяжелую поклажу разместить как можно ниже.

Проблема **устойчивости** плавающих тел породила целый раздел науки. Были разра-

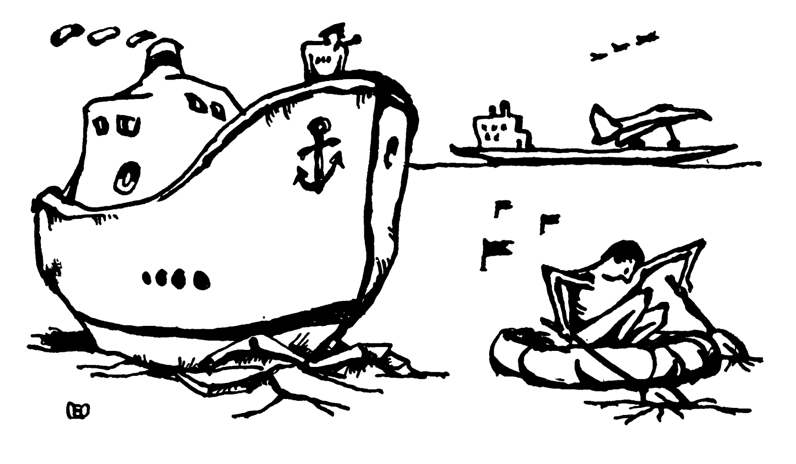
ботаны, скажем, такие способы спасения корабля, как разделение его корпуса на отсеки. Если корабль получил пробоину, то вода заполнила лишь один, тут же перекрываемый отсек. А для выправления крена в противоположный отсек уже специально закачивают воду.

Понаблюдайте, пусть даже в ванне, за устойчивостью детского деревянного или пластмассового кораблика. Попробуйте менять ее, прикрепляя к днищу кусочки пластилина. Только не перестарайтесь, а то перегруженный «корабль» пойдет ко дну.

КАКИЕ БЫВАЮТ КОРАБЛИ?

Каких только кораблей не построил человек! Но если вас спросить, что больше всего из них запомнилось, вы, пожалуй, назовете ледокол или авианосец.

Ледоколы прославились своими подвигами в полярных льдах. Особенно важна была их постройка для нашей страны. Люди давно мечтали освоить морской путь, проходящий вдоль побережья Северного Ледовитого океана. Однако мощные льды большую часть года не пускали туда обычные корабли. Сколько из застревало и даже гибло во льдах! И лишь с появлением таких специальных, особо прочных судов, как ледоколы, был проторен Северный морской путь. Благодаря ему на-



вигация в полярных широтах значительно продлилась.

Как работает ледокол? Тонкий лед он буквально режет укрепленной обшивкой носовой части. Если же лед успел нарасти до большой толщины, то ледокол «взбирается» на него и рушит своей тяжестью. По образовавшемуся за ледоколом свободному ото льда пространству движутся, как по дороге, караваны грузовых или пассажирских судов. О мощи современных ледоколов можно судить по такому примеру. В 1977 году атомный ледокол «Арктика», взломав толстенные льды, впервые в истории мореплавания достиг Северного полюса.

Авианосец — крупнейший надводный корабль, напоминающий целый город. Дейст-

вительно, ведь это плавающий аэродром. Конечно, он сильно отличается от земных аэродромов, например, тем, что у взлетающих и садящихся самолетов должна быть весьма короткая полоса для разбега и торможения. Чтобы перевозить около сотни боевых самолетов, их размещают в трюме, опуская и поднимая на палубу специальными лифтами. Сегодня без авианосцев не может обойтись ни одна боевая флотилия.

КАК ДЕЙСТВУЮТ ШЛЮЗЫ?

Если у вас дома есть две стеклянные или прозрачные пластмассовые трубочки да подходящая резиновая трубка, вы можете сделать интересный эксперимент. Вставьте в резиновую трубку две стеклянные с обеих сторон и согните вашу конструкцию в виде буквы U. Налейте в трубочки воды. Как бы вам теперь ни пришлось поднимать и опускать трубочки, вода в них всегда останется на одном уровне. Такие трубочки называют **сообщающимися сосудами.**

Сколько подобных наблюдений мы могли бы сделать вокруг себя! Вот, например, узбекский крестьянин прокладывает мотыгой путь воде из арыка. Он ловко возводит и разрушает земляные перегородки, направляя воду то в одну выемку, то в другую. И всякий раз вода будет течь до тех

пор, пока ее поверхности в соседних выемках не выровняются.

Отличный пример сообщающихся сосудов — **шлюзы**. Если вам приходилось плавать на речном корабле по большим рекам — Волге, Дону, Днепру, — то вы, конечно, с интересом выбегали на палубу, когда корабль заходил в шлюз. Закрываются огромные ворота. При подъеме мощные насосы закачивают в шлюзовую камеру воду, пока ее уровень не совпадет с уровнем водохранилища. Надо опуститься — воду сбрасывают в нижнее течение реки, и корабль плавно снижается вместе с ней. Ворота открылись, вода на одном уровне — вперед!

Очень часто принцип сообщающихся сосудов используют в фонтанах. Если бак с водой находится выше отверстия присоединенного к нему шланга или трубы, то вода из отверстия будет бить вверх. И тем сильнее, чем больше разность уровней воды в баке и у отверстия. Попробуйте сами сделать подобный фонтан.

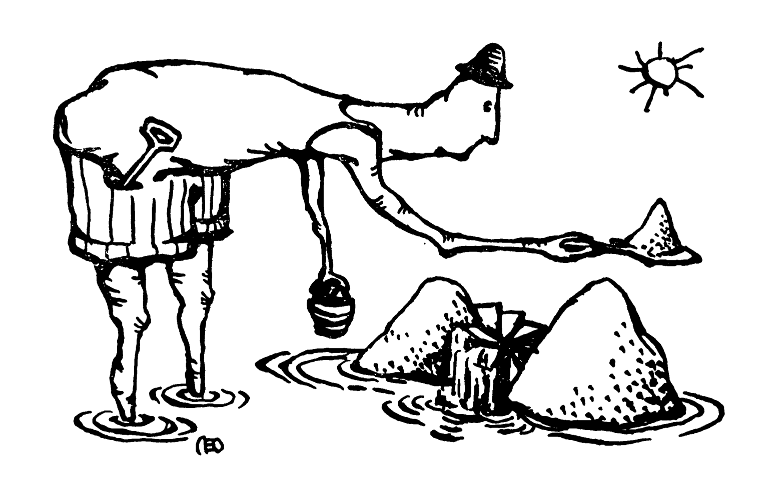
ГДЕ НАДО ВОЗВОДИТЬ ПЛОТИНЫ?

Куда текут реки? Конечно, в озера, моря, океаны. Но можно ответить по-другому — они текут туда, где ниже уровень поверхности Земли. Значит, если мы хотим накопить воды, создать **водохранилище**, то

нужно реку перегородить. Этим люди занимались издревле, строя **дамбы**, насыпи, плотины. Со временем возникла целая наука, занимающаяся проектированием и расчетами гидросооружений.

От самой древней плотины, возведенной в Египте примерно 4500 лет назад, до современных циклопических плотин, перекрывших самые крупные реки мира, — огромная дистанция. Просто земляной вал — и гигантская железобетонная перемычка. В нынешних плотинах предусмотрены **электростанции**, водосливные туннели, регулирующие уровень воды, а также **шлюзы** для судоходства.

Не всегда места для постройки плотин выбирались удачно. На равнинных реках приходилось затапливать водой огромные



площади плодородных угодий, заливать леса и даже переносить села и города. Намного выгоднее строить плотины для гидростанций на высокогорных реках. На них удается получить большой напор воды для вращения **турбин**, а заливаемые площади — намного меньше.

Правда, огромные массы скопившейся в ущельях воды грозят воздействовать на прочность горных пород. Все эти проблемы лишний раз свидетельствуют о том, насколько важно заранее все точно рассчитать. Чтобы предугадать, какие могут быть последствия таких построек, ученые и инженеры изготовляют модели участков рек и на них проводят эксперименты.

В последние десятилетия появились так называемые приливные гидростанции. Для их работы перегораживают плотиной узкие заливы на берегу океана. Во время **прилива** и отлива вода, проходя через плотину, заставляет вращаться турбины, производящие электроэнергию.

КАК ДВИГАТЬСЯ В ВОДЕ БЫСТРЕЕ?

Откройте водопроводный кран, например, в вашей ванной. Если вода вытекает из него тоненькой струйкой, то течение ее очень плавное. А вот усилив напор воды, вы уви-



Даниил Бернулли (1700—1782) — швейцарский математик и физик. Основная работа по физике — «Гидродинамика», в которой изложены основы механики жидкости. В ней он формулирует закон движения жидкости, до сих пор имеющий важное практическое применение. Занимался исследованиями тепловых, электрических и магнитных явлений.

дите, что она стала бурлить, перекручиваться, в общем, вести себя «неорганизованно». Оказывается, действительно возможны два типа течения жидкости. В одном случае, когда скорость мала, струйки жидкости вытягиваются в очень плавные, слабоизгибающиеся линии. В другом, если скорость жидкости становится больше, она начинает завихряться, кружиться, словно еще и перемешиваться.

Выяснилось, что эти два разных течения жидкости очень сильно влияют при расчетах формы движущихся в ней тел. Согласитесь, что вряд ли выгодно строить тупорылые корабли. Наоборот, им стремятся придать обтекаемую форму. От этого зависит скорость движения судна. Наиболее выгодные контуры напоминают вытянутую каплю, тогда меньше завихрений, слабее **сопротивление.**

Обратите внимание на рыб и водоплавающих животных и сравните их с формой подводной лодки.

Конструкторы давно задумывались над тем, чтобы вообще вынести большую часть судна в менее плотную среду — в воздух. Тогда и сопротивление движению стало бы меньше. Так родилась идея корабля на подводных крыльях. Это — замечательная машина. Частично она погружена в воду, а вся передняя часть корпуса во время плавания высовывается наружу. Лишь гребной винт и крылья под водой, а обвеваемое ветерком «туловище» — над водной гладью.

ПОД ПАРУСОМ И НА ДОСКЕ

Большие парусные корабли теперь, пожалуй, можно увидеть разве что в исторических фильмах. Какое богатое у них «оперение»! В одних названиях парусов легко запутаться. А вот яхт и сейчас довольно много, и если даже вы на них не катались, то наверняка наблюдали за ними. Парусное оснащение на яхте не такое большое. Разобраться с тем, как «ловят» яхтсмены ветер, в общем-то несложно. Но самим «порулить» на яхте, оказывается, не так легко.

Скажем, нам нужно провести яхту на другой берег реки, а дует встречный ветер. Тут уже необходим опытный рулевой. Располагая

корпус яхты под углом к нужному нам курсу, парус разворачивают под другим углом к корпусу. Благодарякилю, как бы опирающемуся на воду, яхту не сносит по ветру. Она, хоть и медленно, движется вбок ... и вперед. Затем руль и парус перекладывают так, что маневр совершается в другую сторону. В результате, пусть зигзагом, яхта добирается до нужного места против ветра.

Ощутить все прелести плавания под парусом можно на более простом устройстве — виндсерфере. Это специальная доска, оснащенная парусом, которым управляют руками и телом. Подставляя парус под ветер, нагибая его своей тяжестью, люди могут выделывать удивительные фигуры на поверхности водоема.



В обоих случаях, на яхте и на виндсерфере, — «двигателем» был ветер. А вот воднолыжник использует тягу катера. Теперь он не зависит от ветра и может совершать маневры в самых разных направлениях. Держит его на воде **подъемная сила**, подобная той, что выталкивает во время движения вверх судно на подводных крыльях. Но стоит выпустить из рук тяговый трос, как тут же **сопротивление** воды «съедает» скорость и лыжник уходит в воду.

Захватывающее зрелище — катание на серфере. Это уже лишь одна доска. Подгонять ее могут только волны, а управляет балансирующий на ней человек. Научиться верно рассчитывать свои движения, чтобы и просто скользить по поверхности, и тем более мчаться под гребнем набегающей на берег волны, весьма нелегко. Овладеть этим искусством, как и в других видах спорта, многим помогает знание **законов механики**.

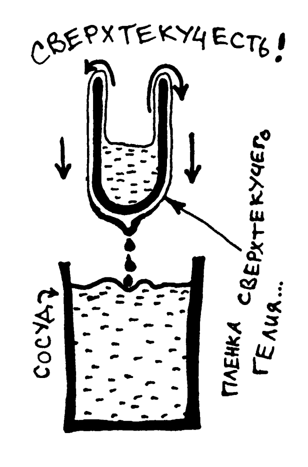
ПОЧЕМУ ЖИДКОСТЬ ТЕЧЕТ?

Действительно, почему камни, деревяшки, железяки не меняют своей формы (если, конечно, по ним чем-нибудь не стукнуть)? А любые **жидкости** потому так и называются, что они жидкие, то есть могут течь.

Видимо, они как-то по-разному устроены внутри. Может быть, частички, из которых

«сделаны» твердые тела, крепче держатся друг за друга? А вот в жидкостях — «не дружат». И вправду, попробуем сперва сжать камень или «брызгалку» с водой, только зажав ее отверстие. И в том, и в другом случае наши испытуемые тела очень сильно сопротивляются сжатию. А вот «разорвать» камень намного труднее, чем разделить на части жидкость. Так, наверное, и получается, что в жидкостях частички легко смещаются друг относительно друга, поэтому-то они и текут, переливаются, разбиваются на капли.

К примеру, во время движения тела в воде самый близкий к нему водяной слой как бы прилипает. Следующий слой словно скользит по первому, третий — по второму и так далее. То есть слои жидкости текут друг относительно друга. Такое явление можно наблюдать, стоя у реки. Где больше всего ее скорость? Конечно, на середине, на стремнине. Ближе к берегам и ко дну скорость воды уменьшается и падает практически до нуля.



А известно ли вам, что существу-

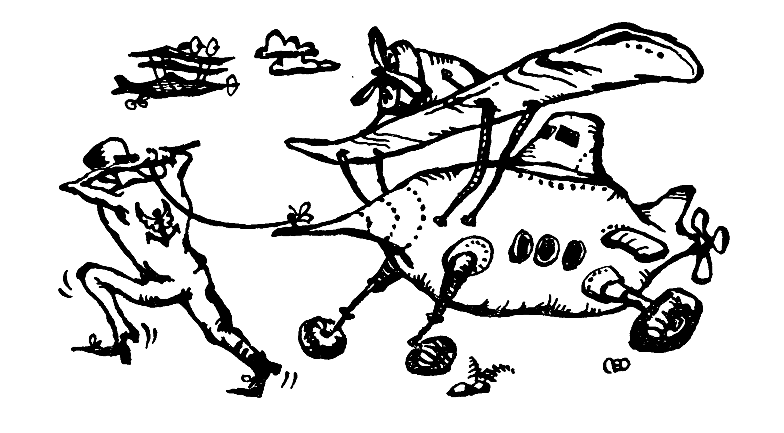
ют **сверхтекучие** жидкости? Если такую жидкость налить в стакан, то она «переберется» через его стенку и стечет наружу. Правда, такие «фокусы» можно обнаружить лишь в экзотических условиях — при очень низких температурах, достижимых только в специальных лабораториях.

КАК РЫБА В ВОДЕ, КАК ПТИЦА В ВОЗДУХЕ

Кто живет и на суше и в воде? На суше — и в воздухе? В воде — и в воздухе?

На первый вопрос мы можем ответить точно: земноводные. Для них пригодны обе среды обитания. А вот на два других вопроса мы ответим, чуть-чуть слукавив: это птицы и летучие рыбки. А лукавили мы потому, что на самом деле можно было бы назвать и дельфинов, и медведей. Ведь дышат и те, и другие воздухом, где бы ни находились.

Конечно, мы имели в виду способность не столько дышать, сколько находиться в той или иной среде. А вот про машины, придуманные человеком, можно сказать определеннее. Например, автомобиль-**амфибия**. Он может ездить по земле и одновременно плавать. Или **гидросамолеты**, для которых взлетно-посадочной полосой служит водяная поверхность.



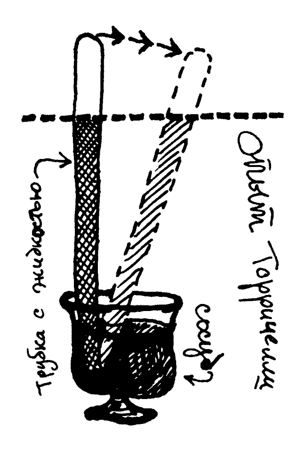
Такие комбинированные машины во многих случаях очень удобны. А вот можно ли сделать автомобиль-самолет, который показывают в фантастических фильмах? Хотелось бы сказать «да», вспомнив аэросани, скользящие по снегу под действием **пропеллера.** Но, увы, как ни старайся, а поднять в воздух аэросани не выйдет. Да и нужно ли нам, честно говоря, подобное средство перемещения? Если вы считаете, что такой «автолет» необходим, то тогда мы предложим вам поразмышлять еще и над конструкцией «самолета-подводной лодки».

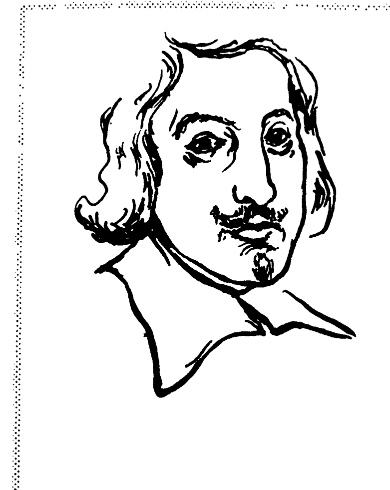
ДАВИТ ЛИ ВОЗДУХ НА ЗЕМЛЮ?

Ощущаете ли вы воздух вокруг себя? Если мы не шевелимся, то практически его не чувствуем. Даже наше дыхание настолько нам привычно, что мы не замечаем, как втягиваем и выталкиваем легкими воздух, будто **насос.**

Но стоит нам хотя бы помахать руками или побежать, как сразу **сопротивление** воздуха становится осязаемым. Когда же, к примеру, мы мчимся в автомобиле с открытыми окнами, то бьющий в лицо ветер напоминает пружинящую струю жидкости.

Значит, воздух обладает **упругостью, плотностью** и, выходит, может создавать **давление.** Но тогда и покоящийся воздух оказывает давление на все «погруженные» в него предметы, а также давит на поверхность Земли. Эта, казалось бы, ясная мысль долгое время не приходила в голову даже многим выдающимся ученым. В существовании атмосферного давления сомневался даже **Галилей,** хотя именно он первым прикинул, какова плотность воздуха.





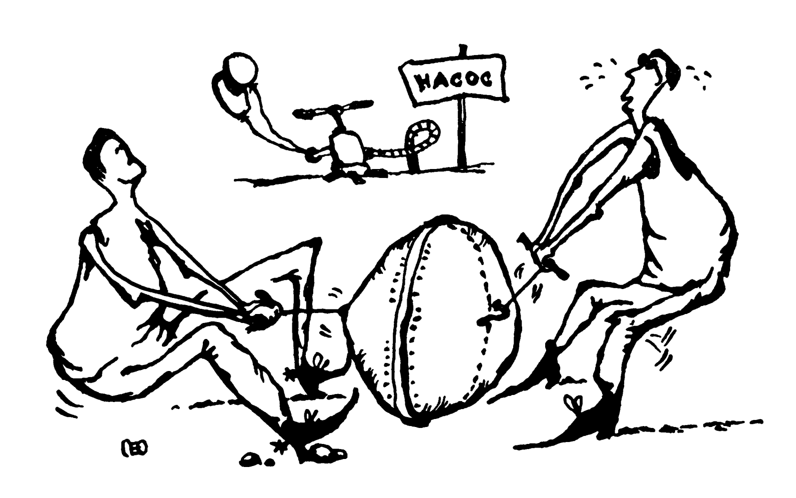
Эванджелиста Торричелли (1608-1647) — итальянский физик и математик, ученик Галилея. Формулировал свои взгляды только на основе опыта. Открыл атмосферное давление. Сконструировал первый ртутный барометр, определил высоту столба ртути в закрытых трубках. Занимался баллистикой, опубликовал первую работу по гидродинамике, сформулировал закон вытекания жидкости из отверстия в сосуде. Превосходно делал микроскопы и шлифовал линзы телескопов.

Доказательством реальности давления атмосферного воздуха был опыт ученика Галилея — итальянского ученого Э.Торричелли. В этом опыте давление воздуха уравновешивалось давлением столбика ртути в стеклянной трубке, запаянной с верхнего конца и опущенной нижним в сосуд с ртутью. Высота столбика составляет на уровне моря примерно 760 миллиметров. Когда вы слышите по радио сводку погоды, именно в этих единицах — в миллиметрах ртутного столба — вам сообщают об **атмосферном давлении.** А прибор, примененный Э.Торричелли, можно было бы использовать и сегодня. Но за прошедшие 350 лет изобрели множество других устройств для измерения давления, хотя название **«барометр»** сохранилось с тех пор.

Понятно, что чем выше мы поднимаемся, тем меньшей толщины окажется над нами слой атмосферного воздуха — и давление его станет меньше. Это становится особенно заметным высоко в горах, где малые давление и плотность воздуха уже не позволяют дышать без кислородной маски.

ВЕЛИКО ЛИ ДАВЛЕНИЕ ВОЗДУХА?

Если воздух давит, и это давление можно измерить, то тогда легко узнать, насколько оно велико или мало. Как вам понравится, например, тот факт, что суммарная сила давления воздуха на наше тело сравнима с дав-





Отто фон Герике (1602—1686) — немецкий физик, бургомистр Магдебурга. Изобрел воздушный насос и с его помощью осуществил опыты, демонстрирующие давление воздуха. Определил его плотность, объяснил многие атмосферные явления. Построил одну из первых электрических машин, водяной барометр, воздушный термометр, изобрел гигрометр — прибор, измеряющий влажность воздуха.

лением груза массой в одну тонну. И ничего — мы привыкли!

Чтобы наглядно продемонстрировать это давление, в 1654 году был проведен знаменитый опыт с магдебургскими полушариями. В нем из плотно прижатых друг к другу металлических полусфер был откачан воздух. **Атмосферное давление** настолько сильно сжимало их снаружи, что снова разделить полушария не могли даже несколько пар лошадей, тянущих полушария в разные стороны.

Как видите, свою огромную силу атмосферное давление показывает, когда рядом давления нет или оно очень мало. Скажем, если обычным поршневым **насосом** поднимать воду в трубке, опущенной в открытый водоем, то именно давление воздуха «затолкнет» воду в трубку. Но как только поршень



насоса достигнет высоты чуть больше 10 метров, дальнейший подъем воды прекратится. И теперь, сколько бы мы ни поднимали поршень, под ним до воды не будет ничего — пустота, **вакуум.**

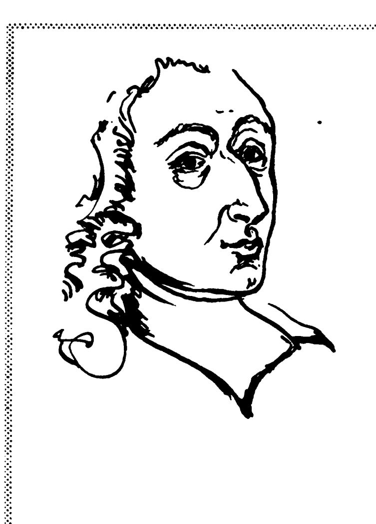
Это, конечно, не очень «чистый» вакуум, под поршнем остаются пары воды. Но их давление так мало, что несравнимо с атмосферным. Потому-то воздух и удерживает столь высокий столб воды.

А вот если мы измерим давление воздуха, создаваемое компрессорами для отбойных молотков или необходимых для накачивания автомобильных шин, то узнаем, что оно многократно превышает атмосферное. Еще пример для сравнения: давление в глубинах океана оказывается более чем в 1000 раз больше атмосферного. Поэтому батискафы, в которых акванавты погружаются на глубину, должны быть сверхпрочными. Иначе им не выдержать огромной разницы давлений внутри — воздуха и снаружи — воды.

КАК ДАВЯТ ВОЗДУХ И ВОДА?

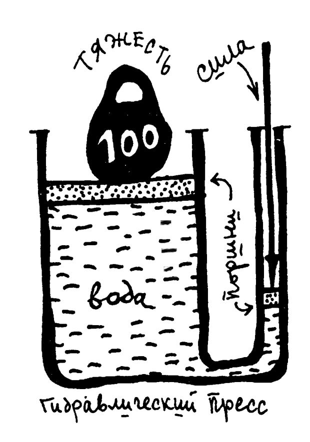
Надуйте воздушный шарик и опустите его под воду. Если вам удастся сделать этот опыт, «затолкав» шарик на большую глубину, то, может быть, вы даже заметите его сжатие. Как его сдавливает вода? Мы же не видим, что в каком-то месте образуются вмятины, а в другом — нет. Значит, придется считать, что вода «обжимает» шарик со всех сторон одинаково. Еще говорят, что произошло всестороннее, **объемное сжатие.**

И тут бы вспомнить, что при надувании шарик (если это действительно был шарик, а не «сосиска») расширялся также во все стороны. Но ведь мы вдували в него воздух только с одной стороны — через отверстие. Полу-



Блез Паскаль (1623—1662) — французский математик, физик и философ. Первый научный трактат написал в 16 лет. Изобрел счетную машину. Плодотворно занимался гидростатикой, открыв закон, получивший его имя, установил принцип действия гидравлического пресса. Подтвердил существование атмосферного давления, доказал, что воздух имеет вес, высказал мысль, что давление воздуха уменьшается с высотой.

чается, что и вода, и воздух «умеют» сжиматься и разжиматься в равной мере во все стороны. Действительно, как мы ни поворачиваем на одной и той же глубине прибор, измеряющий давление воды, он дает одни и те же показания.



Гидравлический пресс

Особенность жидкостей и газов равномерно передавать давление заметили довольно давно. Но сформулировать ее в виде закона удалось французскому ученому Блезу **Паскалю.** Этот закон стал основным в **гидростатике** — разделе механики жидкостей, в котором изучается ее **равновесие.**

Использование закона Паскаля объяснило много природных явлений и действие уже изобретенных устройств.Также он позволил установить принцип действия новых приспособлений, скажем, гидравлических передач.

Очень интересен опыт, подтверждающий этот закон, когда насосом, заполненным водой, накачивают металлический шар с небольшими дырочками. Давление поршня передается жидкости в шаре по всем направлениям, и вода тонкими струйками бьет из ды

рочек вокруг. А еще припомните, как действуют пластмассовые «брызгалки», которыми вы поливаете друг друга.

ЧТО ПОДНИМАЕТ В ВОЗДУХ ШАР?

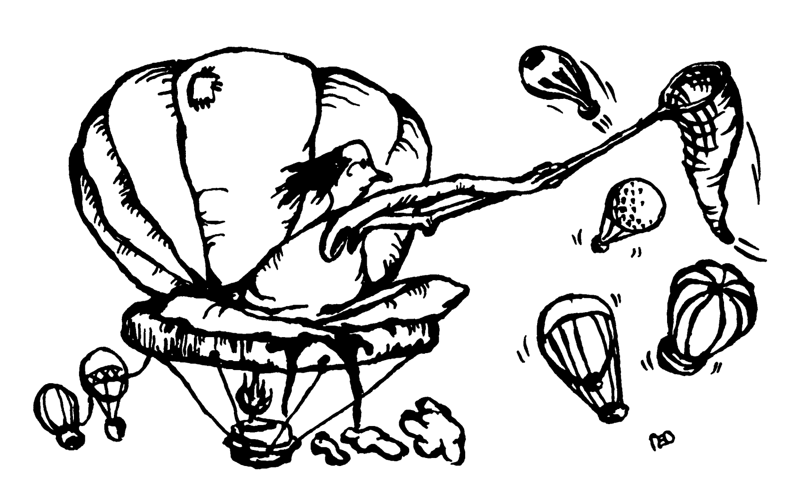
То, что теплый воздух поднимается вверх, а холодный — опускается вниз, было известно, наверное, с тех пор, как человек наблюдал за лесными пожарами или научился разводить костры. Вспомните: языки пламени устремляются ввысь, дым клубами уходит все выше и выше.

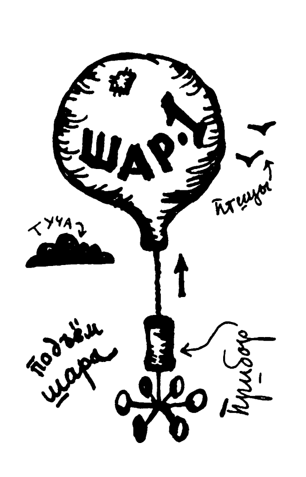
А нельзя ли заставить теплый воздух поднять что-нибудь вместе с собой? Так когда-то возникла идея воздушного шара. Впервые, правда, осуществить полет на нем удалось не столь давно. В 1783 году братья Монгольфье поднялись в воздух на заполненном горячим дымом шаре в Париже.

На плавающий в воздухе шар действует такая же **выталкивающая сила**, как и на рыбу в воде. Но чтобы эта сила уравновешивала **силу тяжести** шара со всем его оборудованием, с гондолой и людьми, газ внутри шара должен быть легче окружающего воздуха. Поэтому и заполняют шар либо тем же воздухом, только теплым, либо менее плотными, чем воздух, газами. Это могут быть водород или гелий.

Управлять воздушным шаром практически невозможно, на высоте он полностью подвластен ветрам. Правда, можно облегчить шар, сбрасывая балласт, и тогда он поднимется еще выше. Если захотите опустить шар, нужно стравить газ через клапан в его оболочке. Сейчас «на борт» воздушного шара берут горелки, поддувающие в него теплый воздух и поддерживающие его **плавучесть.**

Но все же от воздушного шара мало пользы как от транспортного средства. Скорее, это прекрасный способ развлечения (а вы, возможно, видели, как необыкновенно красивы сегодня такие шары). Или их используют для исследования верхних слоев **атмос-**





феры, оснащая различными измерительными приборами.

А вот для воздушной транспортировки грузов пригодились дирижабли — в принципе те же воздушные шары, только вытянутой формы, с металлической оболочкой и снабженные двигателем. Дирижабли были очень популярны до II мировой войны, затем их вытеснила **авиация.** Но идея масштабного применения дирижаблей не умерла, и, возможно, к ней еще вернутся.

КАК ВЗЛЕТАЕТ САМОЛЕТ?

Если воздух обладает **плотностью** и может создавать **давление**, то нельзя ли на него опереться? И хотя нашему далекому предку ничего не было известно об опытах, доказывающих существование **атмосферного давления**, интуитивно он понимал, что если очень сильно замахать руками то, глядишь, от воздуха удастся оттолкнуться, как птице.

Мечта о полете сопровождала человека, сколько он себя помнит. Об этом говорит из-



Леонардо да Винчи (1452-1519) — итальянский художник, инженер и ученый. Проявил себя практически во всех областях естествознания, во многом опережая свое время. Был поклонником экспериментальных исследований. Пытался построить летательные аппараты, наблюдая за полетом птиц. Среди его эскизов найдены рисунки парашюта и вертолета. Изучал волновые процессы, трение, световые явления. Конструировал ткацкие станки, печатные машины, приборы для шлифовки стекла. Проектировал гидротехнические сооружения и металлургические печи. Считал, что «вечный двигатель» невозможен.

вестнейшая легенда об Икаре. Многие изобретатели пытались взлететь, приделывая к рукам подобие крыльев. Великий **Леонардо да Винчи** набросал проект летательного аппарата, работающего только на мускульной силе человека. Идеей аэроплана грезили вплоть до XIX века.

Однако природа не позволила человеку летать подобно птице. Но она наградила его разумом, который помог изобрести аппарат тяжелее воздуха, способный оторваться от земли и поднимать не только себя, но и человека с грузами.

Как же удалось создать такую машину? Ведь глядя даже на воздушного змея, можно заметить, что при обдувании его ветром возникает **сила**, тянущая его вверх. А теперь «поменяем» змея и ветер местами. Пусть воздух станет неподвижным, а змей устремляется вперед, как если бы к нему приделали двигатель. Да, собственно, вы совершаете то же самое, когда бежите, натягивая бечевку, привязанную к змею. Что происходит? Змей взмывает ввысь.

Так вот, если сделать большого змея, правильно рассчитать его наклон к горизонту, то при разгоне с помощью двигателя возникает **подъемная сила**. При достаточной скорости она оторвет наш аппарат от земли! Именно благодаря этой силе и взлетают самолеты.

ОТЧЕГО САМОЛЕТ ЛЕТИТ?

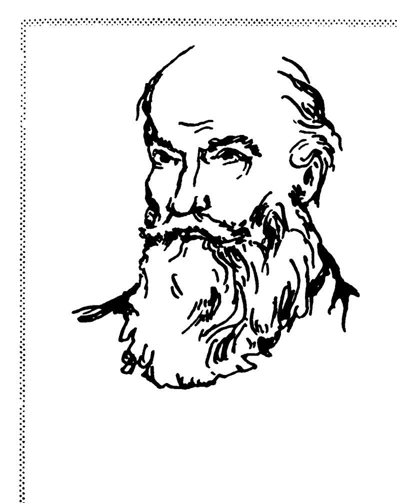
Что держит самолет в воздухе? Крылья, ответите вы. Верно, а что держит крылья?

Если посмотреть на **крыло** самолета в сечении, то можно найти его сходство с крылом птицы. Впереди — утолщение, которое потом сходит почти на нет. Причем эта форма крыла, как говорят, несимметрична, то есть длина крыла сверху больше, чем снизу. Набега-

ющий поток воздуха проходит разный путь при обтекании крыла с двух сторон. Огибая выпуклость на верхней стороне, воздух вынужден двигаться быстрее, чем при движении снизу. А в этом случае боковое **давление** воздуха уменьшается. Это легко заметить, если вы возьмете в руки два листика бумаги и подуете между ними. Листики притянутся друг к другу, что скажет нам об уменьшении давления внутри них.

Нижняя же плоскость крыла наклонена по отношению к набегающей струе воздуха. И, как у воздушного змея, бьющий в крыло воздух подталкивает его вверх. Эти две причины по-своему объясняют эффект **подъем-**





Николай Егорович Жуковский (1847—1921) — российский ученый. Основоположник современной аэродинамики, «отец русской авиации». Построил в начале века аэродинамическую трубу, основал первый в мире институт для исследований движения в воздухе. Разработал теорию крыла самолета, нашел источник поддерживающей его силы. Доказал возможность «мертвой петли» на аэроплане.

ной силы, удерживающей самолет во время полета.

Конечно, формы крыльев у современных реактивных самолетов различаются. Авиаконструкторам пришлось столкнуться с разными неожиданными эффектами, возникающими при сверхзвуковых скоростях. Отсюда и необычный порой вид воздушных кораблей: крылья «отгибаются» назад, придавая им вид стрелы; вытянутое из носа самолета острие или спрятанные в корпус двигатели позволяют словно резать воздух.

Одна из важных причин, влияющая на форму самолетов — совершенно иное поведение воздуха при больших скоростях. Изучением этих особенностей занимаются современные науки — **аэродинамика и газодинамика.**



Андрей Николаевич Туполев (1888—1972) — российский авиаконструктор, ученик Н.Е.Жуковского. Под его руководством создано свыше 100 типов военных и гражданских самолетов, в том числе первый реактивный пассажирский ТУ-104. На его самолетах установлены десятки мировых рекордов, совершены уникальные перелеты, например, в США через Северный полюс в 1937 году. В конструкторском бюро А.Н.Туполева был спроектирован и пассажирский сверхзвуковой самолет ТУ-144.

ПОЧЕМУ ВЕРТОЛЕТ ЗАВИСАЕТ?

Мысль о создании аппарата, способного подняться в воздух вертикально и парить на месте, наверное, возникла тогда же, когда родилась идея о самолете. Изобретательный Леонардо да Винчи около 500 лет назад рисовал чертежи огромного вертолета. А в XIX веке конструированием вертолетов занимались уже очень многие люди. Каким-то моделям даже суждено было взлететь. Однако все проблемы упирались в отсутствие мощного, но в то же время легкого двигателя. Такой двигатель появился лишь ко времени I мировой войны.



Игорь Иванович Сикорский (1889—1972) — российский авиаконструктор. Построил такие самолеты, как «Русский витязь» и сверхтяжелый «Илья Муромец» — прототипы всех дальнейших военных и гражданских самолетов. Сконструировал гидросамолеты, участвовавшие в боевых действиях в I мировой войне. В дальнейшем создавал пассажирские и военные самолеты в США, там же построил вертолет.

В 1910 году наш соотечественник Игорь **Сикорский** сконструировал вертолет, способный поднять собственный вес. Дальнейшие десятилетия поисков не приводили к успеху. Ни одна из машин не оправдала надежд конструкторов. И только в 1940 году тому же Сикорскому, наконец, посчастливилось показать свой первый действующий вертолет. Через два года этот вертолет уже был принят на вооружение американской армией.

Итак, почему же вертолет может «висеть» в воздухе? Громадный **винт**, укрепленный над кабиной, вращаясь, отбрасывает воздух вниз. И, как **пропеллер** самолета, отбрасывая воздух назад, гонит самолет вперед, так вертолетный винт создает **силу тяги**, направленную вверх.

Подумайте, что происходит с отброшенным вертолетным винтом воздухом. Он, в

конце концов, передает **вес** вертолета земле. Так что, если быть точным, «держит» вертолет в конечном итоге земля. Да и другие находящиеся на ней или в воздухе тела.

Но ведь нам необходим не только зависающий, но и движущийся вертолет. Меняя наклон плоскости вращения винта и число оборотов двигателя, можно заставить вертолет перемещаться в любом направлении — вперед, вбок, вверх, вниз. А чтобы корпус вертолета не разворачивался из-за **отдачи**, на его хвосте ставят еще один маленький винт, который может компенсировать вращение вокруг вертикальной оси. Эффект подобной отдачи вы можете понаблюдать, подвесив за корпус включенную кофемолку. Она станет поворачиваться в сторону, обратную вращению **электромотора**.

Обратите внимание на конструкции современных вертолетов. Теперь вы наверняка разберетесь в принципах их устройства.

КАК ПРЫГАТЬ С ПАРАШЮТОМ?

Как важно при полетах самолетов учитывать **сопротивление воздуха**! Эх, если бы его вообще не было, этого сопротивления... Увы, тогда, как мы понимаем, не было бы и самого воздуха и нечему было бы все поддерживать «на весу». Не летали бы ни самолеты, ни вертолеты.

И все же сопротивление воздуха стремятся сделать как можно меньше. А вот задача, когда это сопротивление хотелось бы сделать побольше — прыжок с парашютом.

Выпрыгнув с самолета на большой высоте, парашютист довольно скоро дойдет до так называемого установившегося падения. При этом устремляющая его к земле **сила тяжести** уравновешивается сопротивлением воздуха. Но скорость такого падения, к сожалению, будет чересчур велика. Двигаясь так до земли, парашютист при ударе вряд ли остался бы цел. Что же делать? Наверное, как в мультфильмах, раскрыть большой зонтик, чтобы сопротивление воздуха увеличить.

Собственно, парашют не что иное, как огромный зонт. Вопрос лишь в том, чтобы он был достаточно крепким и управляемым во время прыжка. Ведь прыгать с самолета сразу с раскрытым парашютом невозможно. Значит, вначале он должен быть компактно уложен, а затем легко высвобождаться. Потом, во время полета, необходимо так натягивать стропы — веревки, крепящие вас к куполу, — чтобы удачно приземлиться.

Описания парашютов появились давно. Но лишь чуть более 200 лет назад парашют применили на практике, когда с воздушного шара сбросили собаку в корзине с прикрепленным к ней парашютом. Через 3 года исполнится двухсотлетний юбилей первому парашютному прыжку человека. Это произош-

ло в Париже, когда француз Ж.Гарнери благополучно прыгнул с высоты более 600 метров. А парашютный прыжок с самолета впервые был успешно совершен в 1912 году. Затем долго шли дискуссии об использовании парашютов для спасения летчиков и пассажиров.

Во время II мировой войны парашют спас жизнь очень многим. С его помощью, правда, забрасывали и диверсантов. Сегодня парашют используют и в спасательных, и в спортивных, и в военных целях. Есть парашюты, на которых удается «спустить с небес» тяжеловесную технику и громоздкое оборудование. Они также помогают тормозить самолеты и возвращаемые космические аппараты при посадке.



«ВЕТЕР, ВЕТЕР,ТЫ МОГУЧ...»

«Ветер северный, умеренный до сильного». Вы, конечно, узнали слова из метеосводки. А как измерить силу и направление ветра?

На вторую часть этого вопроса люди научились отвечать давно. Прошло более 1000 лет, как на шпилях церквей стали укреплять флюгеры, показывающие, куда дует ветер. А вот прибор для измерения скорости ветра впервые был изобретен немногим более 300 лет назад в Англии. Назвали его анемометром. Наиболее распространенный его вид в чем-то сходен с детской вертушкой. Только закрепляют его не в вертикальной, а в горизонтальной плоскости, и роль лопастей вертушки выполняют легкие металлические чашечки. Они расположены по кругу так, что с одной стороны ветер обтекает их, а с другой — давит на их полости. Чем сильнее ветер, тем быстрее крутятся на оси чашечки. По числу оборотов за единицу времени можно определить скорость ветра.

Знание направления и скорости ветра очень важно для предсказания погоды, для движения самолетов и кораблей. Например, самолеты всегда взлетают и садятся при встречном, а не попутном ветре, иначе им не хватит длины бетонной полосы.

Измерить скорость ветра на разных высотах помогают воздушные шары. Для этого

наблюдают за ними с помощью специальных оптических приборов. А когда небо закрывается тучами, за ними следят радарными установками.

Люди издавна находили места, где дуют постоянные ветры. Им это было нужно для установки ветряных мельниц и ветряков, дающих дешевую энергию, скажем, для подъема воды из колодцев. Сейчас, в поисках дополнительных источников энергии, мы снова обращаемся к ветру. В иных районах ветродвигатели располагаются так часто, что напоминают высаженный человеком лес.

ГДЕ ПОЯВЛЯЮТСЯ СМЕРЧИ?

Возможно, вам приходилось видеть, как опытные курильщики выпускают ртом в воздух дымовые кольца. Безусловно, мы не советуем вам следовать их примеру. Но разобраться с возникновением таких колец рекомендуем. Для этого, кстати, вовсе не обязательно обращаться к табачным изделиям. Можно провести опыт с ящиком, в одной из стенок которого сделано отверстие диаметром сантиметров 10. Противоположную стенку надо снять и затянуть упругой пленкой. Если теперь наполнить ящик «дымом», скажем, от «сухого льда», и щелкнуть по пленке, то

из отверстия вырвется вращающееся туманное кольцо.

Образуются такие кольца от завихрений воздуха у краев отверстия. Возникающая «закрутка» способна заметное время сохранять форму кольца. Наловчившись, можно добиться того, что кольца будут догонять, ударять или проходить друг сквозь друга.

В природе **завихрения**, правда, уже не кольцевые, порождаются, к примеру, восходящими потоками нагретого воздуха. Это явление часто встречается в пустынях. Поднимаясь ввысь, воздух закручивается, втягивая в себя песок и пыль, которые выдают размеры этих вращающихся воздушных столбов. Их называют **«смерчи»**. Бывает, что они до-



стигают десятков метров в ширину и сотен — в высоту. Такие огромные смерчи, именуемые в Северной Америке **«торнадо»**, способны вызвать немалые разрушения. Их силы хватает, чтобы переносить дома.

Но есть и рисковые любители смерчей — планеристы. Им удается так использовать вихревое вращение воздуха, что оно поднимает планеры на большую высоту.

Вы можете и сами устроить небольшой пыльный смерч, если покрутите дощечкой вблизи нагретого участка земли или асфальта.

КАК В МОРЕ РОЖДАЮТСЯ ВОЛНЫ?

«Ветер по морю гуляет...» Здесь мы даже не скажем, кто автор этих стихов, он должен быть хорошо вам знаком. А вот как происходит встреча двух стихий — водяной и воздушной? Она не всегда бывает безоблачной. Полный **штиль**, когда водная гладь напоминает зеркало, сменяется легкой рябью. Затем по воде начинают бежать небольшие **волны**. **Ветер** усиливается — и скоро мы замечаем пенистые буруны. А уж когда волны достигают высоты в несколько метров, мы говорим — **шторм**.

Понятно, что волны образуются и растут от перемещения воздушных масс — ветра. Но дело не только в его силе, но и в продолжительности, а также в том, насколько много

простора для волн. Можно, конечно, устроить и «бурю» в стакане воды. Но вы, разумеется, догадываетесь, что самое большое волнение достигается в открытом океане. Знать особенности взаимодействия ветра и воды — значит правильно рассчитать конструкцию кораблей и верно проложить морские пути. Там, где штормит поменьше и пореже.

Казалось бы, на берегу значительно безопаснее, чем в открытом море. И легче укрыться от шторма, и потонуть-то вроде бы негде. Однако природа преподносит каверзные сюрпризы. В глубине океана из-за подводных **землетрясений** или извержений **вулканов** могут образоваться гигантские одиночные волны. С бешеной скоростью несутся они в океане, сперва незаметно для глаз. Но домчавшись до берега, они вырастают до огромной величины и обрушиваются на сушу, сметая все на своем пути. Эти самые большие и страшные волны, рожденные океаном, называются **«цунами»**.

Долгое время спасения от этой опасности не существовало. Можно было в каких-то случаях лишь успеть убежать в горы. Однако наука ищет способы помочь людям. Удалось выделить на побережьях наиболее опасные зоны. А сейчас идут поиски методов предупреждения о надвигающемся цунами, чтобы оставалось достаточно времени для эвакуации приморских жителей.

ЧЕМ ОДОЛЕТЬ ГРОЗУ?

Вам, безусловно, хорошо знакомо такое неприятное явление природы, как **град**. Да **и гроза,** которую он сопровождает, тоже, бывает, приносит много невзгод. Сколько помнит себя человек, столько он мечтал о каком-нибудь чудесном средстве, способном защитить его от этих стихийных бедствий.

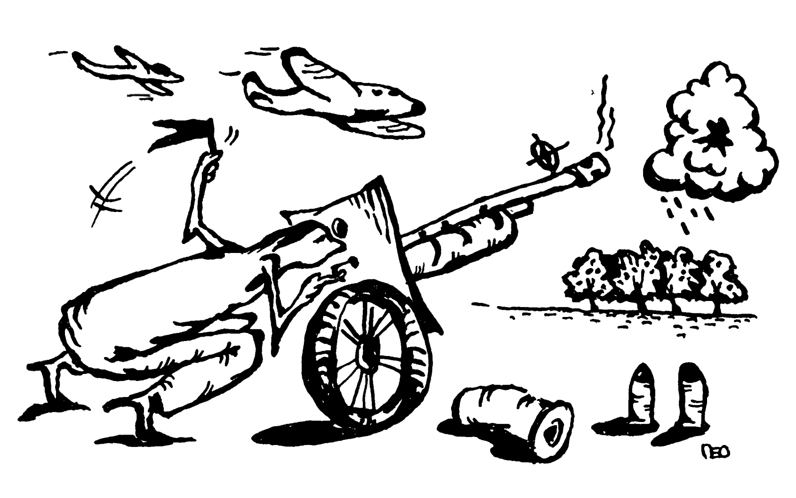
XX век принес ему, помимо прочего, и такую возможность. Теперь, в принципе, можно одолеть грозу с градом не только заклинаниями и молитвами. Но для этого пришлось поставить и вести до сих пор широкомасштабные метеорологические эксперименты.

Представьте себе аэродром в одном из южных районов страны, в крае, где выращивают виноград. Синоптики предсказали возможность грозы во второй половине дня. Начинается работа. Сперва поднимается в воздух большой самолет-лаборатория, заполненный до предела научной аппаратурой. Здесь — датчики **давления, температуры, влажности** и еще многих важных для опыта величин. Прильнувшие к иллюминаторам исследователи, постоянно держа связь с землей, «охотятся» за грозоопасным облаком. На аэродроме им помогают, используя радиолокатор, настроенный на поиск очагов образования града. И вот «жертва» выбрана. Это, как правило, гигантское кучевое облако, достигаю-

щее высоты до 10 километров. Верхушка его буквально на глазах клубится, указывая на интенсивный рост. Начальник экспедиции дает команду на взлет второму самолету — боевому бомбардировщику, переделанному под сброс мирных снарядов. Круто набирая высоту, бомбардировщик выходит на цель.

По сигналу с первого самолета второй производит сброс специального вещества в самую верхушку облака. И если все было рассчитано правильно, облако начинает рассасываться. Опасность града миновала! Виноградарь может быть спокоен.

Бомбардировщик идет на посадку. Летающая лаборатория еще долго кружит у «обезвреженного» облака, проводя фото- и кино-



съемку. Необходимо сделать измерения для анализа результатов и подготовки к следующим опытам. Борьба с градом во многих случаях приносит успешные плоды. Помимо бомбардировок облаков с воздуха, еще применяются градобойные орудия, доставляющие противоградовый заряд внутрь «подозрительного» облака.

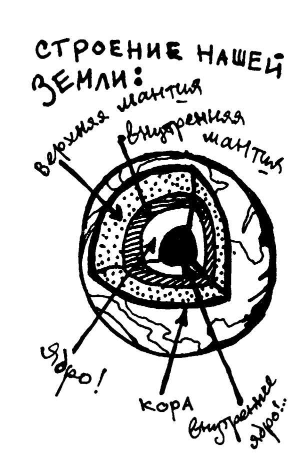
ТАК ЛИ ТВЕРДА ЗЕМЛЯ?

Мы не задумываясь говорим — «земная твердь». Но так ли мы уверены в том, что наша родная Земля — твердая до самой середины?

Возможно, вы слышали, что внутри Земля жидкая. Но уж ее внешняя оболочка — кора — тверда по-настоящему. Так-то оно так, но парадокс в том, что вещество Земли способно... течь. Конечно, такие течения практически незаметны для нас, поскольку их скорость равна нескольким сантиметрам в год. Скажем, на расстояние, равное диаметру земного шара, с такой скоростью можно переместиться за полмиллиарда лет. Земля, судя по расчетам ученых, старше раз в 10, и за этот срок ее поверхность могла значительно перемениться.

Вот, к примеру, на Луне видны полустертые остатки громадных кратеров. Это свиде-

тельство древнейших событий — падений крупных **метеоритов.** Таким образованиям 3—4 миллиарда лет. Почему же на Земле не сохранилось подобных следов? О причине мы уже сказали — наша планета может течь, подобно очень густой сметане, «размазывая» неровности.



Еще один пример. Около 10 тысяч лет назад, когда на Земле потеплело, растаяли обширнейшие ледники, покрывавшие Северное полушарие. Освободившись от давления слоя льда высотой в 2 километра, земная кора стала подниматься. И сейчас этот подъем продолжается в северных странах по нескольку миллиметров в год. Это тоже объясняется течением вещества Земли.

Добавим, что каменная **кора Земли** состоит из колоссальных отдельных плит. Они очень медленно перемещаются друг относительно друга. В местах их пересечений Земля неспокойна. Там часто происходят землетрясения и извержения вулканов.

ДАВАЙТЕ ПОРАЗМЫСЛИМ

? *О чем говорит пословица: «Правда, что масло, везде наверх всплывает»?*

? *Почему бревна плавают не «стоя», а «лежа»?*

? *Тонущий человек, взывая о помощи, поднимает руки. Верно ли он поступает?*

? *Отчего блюдце плавает, если опустить его в воду дном, и тонет, если опустить его ребром?*

? *Почему «лодка тонет и от лишнего перышка»?*

? *Какое свойство воды имеют в виду, когда говорят, что у нее «гибкая спина»?*

? *Почему под медицинскими банками вздувается кожа?*

? *Отчего «закладывает» уши при взлете и посадке самолета?*

? *Как мы пьем через соломинку?*

? *Почему теннисный шарик «висит» в струе воздуха от пылесоса?*

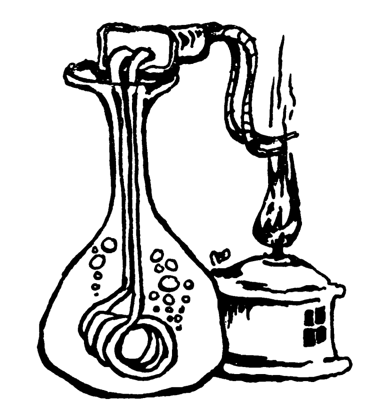
? *Когда из надувного матраса быстрее выйдет через отверстие воздух — если мы будем на нем лежать или стоять? Почему?*

? *Почему справедлива пословица: «И сильный ветер не может поднять волн в колодце»?*

МИР ТЕПЛА



Что внутри вещества? 141
Зернышки-атомы и ягодки-молекулы . . . 143
Молекулы-непоседы 145
Три царства состояний вещества 147
Как проникают вещества друг в друга? . . 149
Отчего «разбухают» тела? 151
Как плавятся металлы и замерзает вода? . . 153
Отчего, испаряясь, вода холодит? 156
Почему выпадает роса? 158
Можно ли воду носить в решете? 160
Что тянет воду вверх? 162
Где тепло, а где — температура? 164
Сколько всего температур? 166
Что такое излучение и конвекция? 168
Как удержать или «сбросить» тепло? 171
Каковы температурные рекорды? 172
Что дольше всего хранит тепло? 175
Аккумуляторы тепла 177
Как заставили работать пар? 178
От водяного пара — к газу 181
Как превратить тепло в работу? 183
Паровоз — хорошо, а тепловоз — лучше . . 185
Что будет в термосе... с землей? 187
Как холодильник «холодит»? 189
Что берет в полет ракета? 190
Давайте поразмыслим 193



С треском лопнул кувшин;
Ночью вода в нем замерзла,
Я пробудился вдруг

Басе

Вот те раз! В заголовке — **тепло,** а в эпиграфе — мороз, японским поэтом изображенный. Неувязочка какая-то...

А вспомните, отчего вы, случается, просыпаетесь ночью. Одеяло сползло — холодно стало, говорим, замерзли, как ледышка. Получается, **холод** — недостача или потеря тепла, как бы обратная его сторона. Так что одного без другого не бывает.

Изучать тепловые процессы заставило человека вечное стремление к теплу. И одежду он шил, и дома строил, чтобы тепло сохранить, удержать. А потом приспособил тепло двигать машины — так до сих пор оно там на нас и работает.

Чтобы машины лучше двигались, пришлось разбираться, из чего тепло «состоит».



Демокрит (ок. 460—370 до н.э.) — древнегреческий ученый и философ. Считал, что все безграничное разнообразие веществ в природе состоит из множества мельчайших неделимых частиц — атомов. Они отличаются по форме и величине, но сами по себе вечны и неизменны. Также полагал, что во Вселенной существует бесчисленное множество миров, возникающих и гибнущих.

Выяснилось — из **движения.** Как же так? Да, еще древние греки об этом думали. Две тысячи лет понадобилось, чтобы до нас это окончательно дошло. А как дошло, так теперь кажется, что по-другому о тепле и думать-то нельзя.

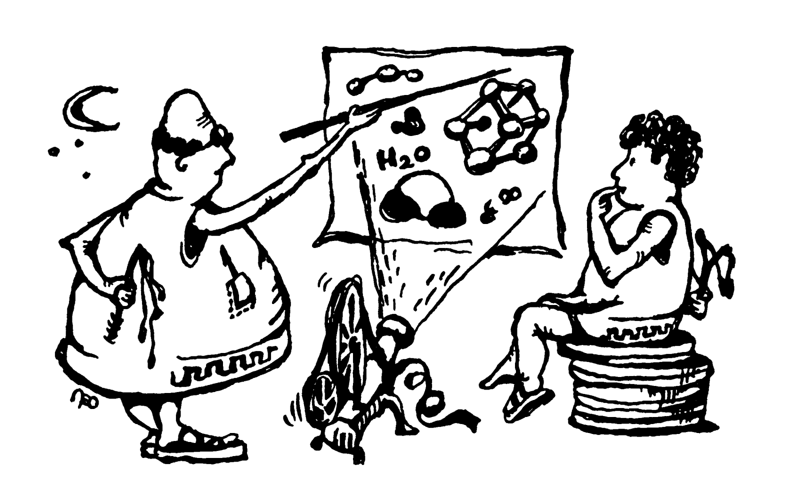
Давайте-ка и мы взглянем на мир тепла с разных, порой неожиданных сторон. Со стороны **плавления** и замерзания, **испарения** и конденсации, теплопроводности и **излучения.** Посмотрим на него с облаков и с ракеты, из паровоза и из холодильника.

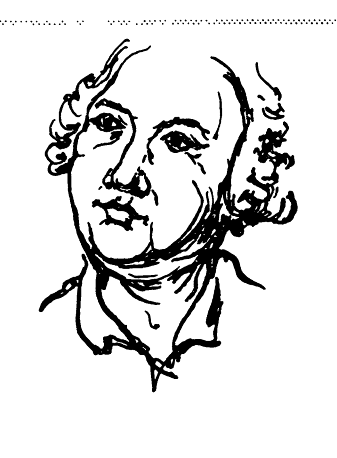
Но прежде всего заглянем внутрь... **вещества.**

ЧТО ВНУТРИ ВЕЩЕСТВА?

О каких бы телах мы ни говорили, почти всегда считали их сплошными. Это слиток металла, капля воды, глоток воздуха. Хотя все названное — это части чего-то большего, мы не всегда обращаем внимание на то, что они сами из чего-то состоят. Однако с далекой древности возможность деления **вещества** на части подталкивала к идее, что можно дойти до каких-то очень маленьких его крупинок, делить которые дальше уже некуда.

Это — гипотеза о дробном строении вещества, одна из самых старых в истории человеческой мысли. Подтвердилась эта гипотеза спустя более чем 2000 лет. У нее все это время было немало как сторонников, так и яро-





Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765) — российский ученый-энциклопедист. Основатель Московского университета, автор учебников и поэм, создатель школ. Отстаивал учение о прерывистом строении вещества, опередившее науку того времени на столетие. Сформулировал закон сохранения материи и движения. Занимался исследованиями атмосферного электричества, сконструировал оптические приборы для астрономических наблюдений. Открыл атмосферу на Венере. Строил стекольные заводы, шахты, плавильные печи, внедрил физические методы в химию.

стных противников. И только опыт, как часто бывало, поставил все на свои места.

Конечно, убедиться глазами в том, что вещество состоит из каких-то крохотных частиц, невозможно. Сколько бы мы ни дробили, скажем, кирпич, ни разбрызгивали на капельки воду, всегда оказывается, что пылинки и капельки можно делить дальше. Да нечем!

И лишь за последние 100 лет накопилось достаточно доказательств существования таких «зернышек» вещества. Сегодня специальные **микроскопы**, где вовсе нет стеклышек, помогают нам буквально разглядеть их. И вправду, внутри вещество ока-

залось устроено очень близко к тому, что о нем думали еще древние греки. Вы, наверное, слышали о названиях этих частиц — **атомы и молекулы.**

Узнать об их наличии было важно не только, чтобы удовлетворить наше любопытство. Огромное количество явлений, прежде всего тепловых, удалось объяснить с помощью представления о молекулах. Теория процессов, происходящих в веществе, опирающаяся на такое знание его строения, называется молекулярно-кинетической теорией.

ЗЕРНЫШКИ-АТОМЫ И ЯГОДКИ-МОЛЕКУЛЫ

А почему мельчайшие частички вещества называют то атомами, то молекулами? Может быть, их просто всего два разных сорта, скажем, это черные и белые шарики. Нет, дело обстоит чуть сложнее. Какие-то вещества действительно состоят как бы из собранных вместе мельчайших шариков («зернышек») одного вида. Это, например, металлы или газ неон, которым заполняют рекламные трубки. В других веществах эти шарики одного или разных сортов группируются, крепко сцепившись, так что получается словно новый, составной шарик («ягодка»). Вот отдельные крохотные шарики называют **атомами**, а их объединения, группы — **молекулами.**



Амедео Авогадро (1776—1856) — итальянский физик и химик. Высказал гипотезу о строении молекул газов из одного или нескольких атомов. Получил один из основных газовых законов, на базе которого в дальнейшем развивалось атомно-молекулярное учение. Разработал метод определения молекулярного и атомного весов.

Возьмем, к примеру, два газа — **водород** и **кислород**. Возможно, вы видели прочные металлические баллоны для перевозки этих газов в сжатом состоянии. Внутри того, на котором написано «водород», этот газ представляет собой «парочки» сцепившихся самых маленьких атомов в природе — атомов водорода. В баллоне же с надписью «кислород» мы могли бы обнаружить тоже пары-молекулы, состоящие, в свою очередь, из атомов кислорода — шариков, раз в восемь массивнее водородных.

Удивительно, что именно из этих газов может получиться... вода. Соединив водород и кислород в определенной пропорции, в лабораториях образуют воду, каждая частичка-молекула которой состоит уже из трех шариков — двух атомов водорода и одного — кислорода.

Атомов по своему виду в природе всего около 100 сортов. Но их комбинации-молекулы создают то огромное многообразие веществ, которое окружает нас. Причем не только на Земле, но, наверное, и во всей **Вселенной** вообще. Ничтожно слабые сигналы, которые атомы и молекулы, оказывается, посылают из космических далей, человек наловчился регистрировать на Земле. Такие сигналы доносят до нас свидетельства того, что Мир, каким бы он ни выглядел разным, построен везде из одних и тех же «зернышек»-атомов.

МОЛЕКУЛЫ-НЕПОСЕДЫ

Если вещество устроено из мельчайших частиц, то как они себя ведут? Может быть, они неподвижны друг относительно друга? Или же как-то движутся? Заметить непосредственно то или иное мы не можем. Но вот подсказать нам, что происходит внутри вещества, оказывается, есть чему.

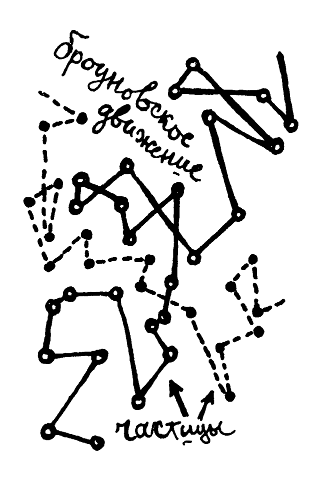
В начале прошлого века английский ботаник **Р.Броун** был очень удивлен, взглянул в обычный **микроскоп** на цветочную пыльцу, насыпанную в воду. Частички пыльцы словно плясали в воде. Хотя сами они необычайно малы — их размеры около тысячных долей миллиметра, — говорить о них как о самых

мельчайших частицах вещества еще нельзя. Но если представить, что «пляска» пыльцы вызывается ударами еще более малых частиц — молекул воды, — то ее поведение вполне объяснимо.

Может быть, вы видели, как во время концертов со сцены бросают в зал большие надувные шары. Зрители стремятся ударить по шару, но никто не может предсказать, куда в каждый момент он направится. В результате мы наблюдаем его беспорядочное, или, как еще говорят, хаотическое движение по всему залу. Понятно, что оно оп-



ределяется такими же беспорядочными толчками зрителей. Замените теперь их на молекулы, а шар — на частичку пыльцы, и вот у вас модель движения молекулы.



Итак, внутри вещества его мельчайшие крупинки-молекулы непрерывно, хотя и беспорядочно, движутся. Это движение будет тем интенсивнее, чем сильнее нагрето вещество, его поэтому называют тепловым. Такая связь позволила в дальнейшем объяснить, что такое **температура.**

ТРИ ЦАРСТВА СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА

В каких состояниях может быть вещество? Ну, тут достаточно его «пощупать». Это — пусть очень простой, но тоже опыт. Каковы же результаты? Мы говорим: все тела могут быть в твердом, жидком и газообразном состояниях. Их еще называют **агрегатными.** Интересно, что одно вещество может

бывать в каждом из этих состояний, причем, случается, и одновременно.

Ну, вот вода. Если вы вытащите из морозильника кусочек льда и опустите в стакан с содой, то сразу обнаружите все 3 состояния одного и того же вещества. Лед — это «твердая», замерзшая вода. Плавает он в воде жидкой. А над стаканом вода находится в невидимом, газообразном состоянии, это ее пары. Выявить пары нетрудно: на холодном зеркальце, поднесенном к стакану, вы скоро заметите туманный налет, состоящий из крохотных капелек. Это не что иное, как сгустившиеся, или сконденсированные из воздуха водяные пары.

Чем отличаются эти состояния вещества друг от друга? Обратимся за объяснениями к молекулярно-кинетической теории. Она скажет нам, что одни и те же «по сорту» **молекулы**, например, воды, просто по-разному взаимодействуют между собой.

В **твердом теле** — льде — они очень плотно «упакованы», остро «ощущают» присутствие соседей и в своих движениях сильно ограничены. Поэтому и двигаться они могут, практически не сходя с места, то есть колеблются. Вот почему твердое тело хорошо сохраняет свою форму и **объем.**

В **жидкостях** молекулы чувствуют себя свободнее. Помимо колебаний, они еще очень часто перескакивают с места на место. Уплотнить их практически нельзя, а вот пере-

мешать — легко. Из-за этого жидкости текут и принимают форму сосуда, в который мы их нальем.

А вот в **газах** связи между молекулами становятся настолько слабыми, что они теперь могут носиться с огромными — сотни метров в секунду — скоростями и на больших расстояниях друг от друга. Поэтому газы и занимают весь предоставленный им объем, хотя могут быть легко сжаты.

КАК ПРОНИКАЮТ ВЕЩЕСТВА ДРУГ В ДРУГА?

Поставьте такой эксперимент. В темную комнату, где вы сидите спиной к двери и заткнув уши, попросите войти по очереди двух человек. Пусть это будут ваши приятели — мальчик и девочка. Одно условие: девочка должна быть надушена. Через несколько минут после прихода каждого вы угадаете, кто именно вошел.

Ну, и что же тут особенного, спросите вы? Конечно, девочку «выдали» духи. Но вот вопрос: как они добрались до вашего носа? Пожалуй, зная о молекулярном строении вещества, и тут ответить нетрудно. **Молекулы** духов, вылетая в воздух, умудряются очень быстро проскочить между его молекулами и распространиться по всей комнате. Разреженность газов и большие скорости молекул

обеспечивают это явление, называемое **диффузией.**

А может ли она наблюдаться в жидкостях? Почему бы и нет, ведь в них молекулы, хотя расположены и плотно, но весьма подвижны. Вот, скажем, осьминог, пытаясь удрать от преследователя, выпускает в воду облако чернильной жидкости. Оно очень быстро растет, создавая будто дымовую завесу. А ведь оно — как раз пример диффузии, то есть взаимного проникновения жидкостей друг в друга.

Удивительно, но диффузия может происходить и в твердых телах. Хотя намного медленнее, чем в жидкостях и газах. Ее можно, правда, убыстрить, повышая **температуру.**



Именно диффузия обеспечивает соединение металлов при пайке или сварке. Однако и при обычной температуре **тепловое движение** молекул приводит к их перемешиванию. Но длительность этого процесса не позволяла его обнаружить, и такую диффузию впервые наблюдали лишь в конце прошлого века.

ОТЧЕГО «РАЗБУХАЮТ» ТЕЛА?

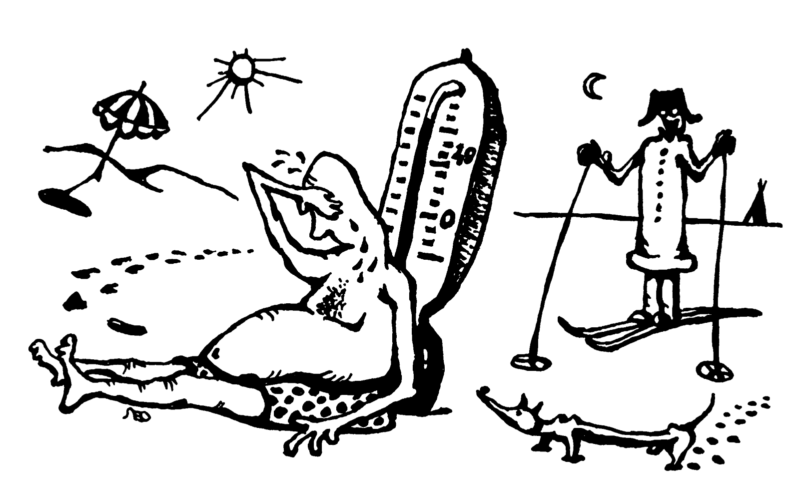
Наверное, вам чуть ли не с детского сада известно, что при нагревании тела расширяются, а при охлаждении — сжимаются. Эту способность тел менять свои размеры в зависимости от температуры люди научились использовать или учитывать давно. Например, железную шину насаживали на **колесо** телеги, когда она была раскалена. Шина, остывая, туго стягивала колесо. Или посмотрите на колею железной дороги. Между отдельными отрезками рельсов оставляют промежутки для их возможного **теплового расширения.**

Это явление оказалось очень полезным при измерении **температуры.** Если к концу металлической пластинки приделать стрелку, то она, меняя свое положение при нагреве и охлаждении пластинки, укажет, какова ее температура. А может быть, в духовках ваших кухонных плит есть **термометр**, сделанный из металлических пру-

жин? Если он вынимается, рассмотрите, как он устроен.

Более удобными для этой цели оказались жидкости. Скажем, в медицинских и комнатных термометрах применяют подкрашенный спирт или **ртуть.** Расширяясь при нагревании, они поднимаются вверх по узким трубочкам, вдоль которых наносят деления температурной шкалы.

Есть и газовые термометры, использующие тот же эффект. Но во всех случаях расширения тел мы можем обратиться за помощью к молекулярной теории, чтобы разобраться с этим явлением. И здесь мы получим почти очевидный ответ. С ростом темпе-



ратуры молекулы становятся более подвижными, и им требуется больше места. Расстояние между молекулами растет, а мы это замечаем как увеличение общего **объема** тела.

Представьте себе танцевальный зал. Сколько в нем может уместиться человек? Если запускать их в зал по одному и плотно приставлять друг к другу, то туда набьется людей, как «сельдей в бочке». Но если вы попросите их потанцевать, то вряд ли в такой тесноте что-нибудь выйдет. Чем зажигательнее танец, тем меньше народу останется в зале — остальным придется покинуть помещение. Произошло как бы «тепловое расширение» танцующей публики, и часть ее вытеснилась наружу.

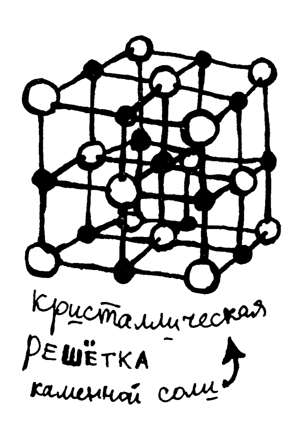
КАК ПЛАВЯТСЯ МЕТАЛЛЫ И ЗАМЕРЗАЕТ ВОДА?

Что происходит, когда плавится металл? Первое, о чем мы можем сказать, очень наглядно. Был твердый кусочек, а превратился в жидкость. Но ведь это — одно и то же вещество, скажем, олово. Его, кстати, очень легко «растопить», нагревая в железной ложке или паяльником. Что же все-таки привело к такой внешней перемене в металле?

Если обратиться к идее о «зернистой» структуре вещества, то можно будет ответить так. Плотно пригнанные друг к другу мель-

чайшие частички — атомы олова — при нагревании все интенсивнее двигались. В какой-то момент (у каждого вещества свой) им уже не хватило места для «суеты» друг около друга. Иначе говорят, что тесные связи между атомами разорвались. **Атомы** получили возможность не только колебаться на местах, но и кружиться друг относительно друга. А это — уже поведение мельчайших частичек жидкости.

В каком-то смысле это явление походит на взвод солдат, стоящий по стойке «смирно». Каждый из воинов не меняет своего положения относительно соседей, но ведь при этом он дышит, моргает глазами и, если захочет, может пошевелить ушами. Согласитесь, что от таких движений строй не нарушится. Прозвучала команда «вольно». Солдаты стали переминаться с ноги на ногу, поворачиваться, меняться местами. Разве это не напоминает поведение атомов при **плавлении** металла?



Подобный процесс происходит, когда взводу (или олову) прикажут вновь стать по стойке «смирно». Только такой приказ «прозвучит» для ато-



Генри Бессемер (1813—1898) — английский изобретатель. Предложил усовершенствовать тяжелый артиллерийский снаряд, для чего потребовался более быстрый и дешевый способ получения литой стали. Создал метод, по которому сталь переделывается из чугуна продувкой воздуха, чем снизил стоимость металла в несколько раз.

мов тогда, когда расплавленный металл начнут охлаждать. Особенности перестройки атомов при плавлении и **кристаллизации** — возвращении в твердое состояние — необходимо учитывать, скажем, при литье металлов. Как правило, объем твердого вещества меньше, чем его же в жидком состоянии. Это надо знать при подготовке форм для литья.

А вот у воды — наоборот. Превращаясь в лед, она расширяется. Представьте, что бы было, если бы лед не всплывал, а тонул. Все дело в том, что при кристаллизации воды происходит необычная перегруппировка ее молекул. И хотя строение льда выглядит более упорядоченным, его объем возрастает, он становится более «рыхлым». При этом, если льду препятствовать при расширении, возни-

кают огромные силы. Так разрываются замерзшие трубы водяного отопления или трескается стеклянная бутыль с водой, оставленная на морозе.

ОТЧЕГО, ИСПАРЯЯСЬ, ВОДА ХОЛОДИТ?

Что вы чувствуете, когда даже в жаркий день выходите, искупавшись, из воды? Бывает, особенно в ветреную погоду, что, как говорят, мороз по коже, даже пупырышками покрываемся. Чтобы разогреться, надо побегать или растереться полотенцем. Почему же мы мерзнем?



Еще малюсенький опыт. Капните на ладонь воды и подуйте на нее. Ощутили холодок? Ясно, что дело в **испарении** воды. Превращаясь в пар, она отбирает у нас **тепло.** Похожие вещи творятся в чайнике с кипящей водой. Ведь если бы мы постоянно ее не подогревали, образующийся пар отнял бы у воды теплоту и охладил бы ее.

Эти примеры показывают, что на испарение требуется **энергия.** Превращаясь в газ, жидкость либо охлаждается, либо поддерживает свою температуру, отбирая энергию-теплоту у окружающих тел.

Обратный процесс — **конденсация** — должен тогда, напротив, приводить к выделению теплоты. Так, скажем, нагревается зеркальце, подставленное под струю пара из носика чайника. Осевшие на зеркальце капельки воды приведут к его нагреву. Похожий процесс мы наблюдаем, когда выпадает первый снег. Как правило, в это время происходит потепление.

А как объясняет эти явления молекулярно-кинетическая теория? Она нарисует картину, в которой испарение предстанет как уход самых быстрых **молекул** из жидкости в воздух. Оставшиеся же, если не передать энергии извне, будут двигаться все медленнее.

Необходимо помнить, что испарение и кипение — вовсе не одно и то же. Об этом говорит хотя бы то, что испарение, например,

воды происходит при любой **температуре.** Испаряться может даже лед, иначе белье не сохло бы на морозе. А вот кипит вода, как вы знаете, лишь при 100 градусах. Причем у каждой жидкости кипение, то есть бурное выделение пузырьков, начинается при своей определенной температуре. И плавление, кстати, также происходит у каждого вещества в свой срок — лишь когда его температура достигнет определенной величины.

ПОЧЕМУ ВЫПАДАЕТ РОСА?

Почему в сводках погоды, помимо **давления** и **температуры,** нам еще часто сообщают о **влажности?** Многие люди порой даже переезжают из одного района в другой, жалуясь на очень сырой, либо, наоборот, очень сухой климат. И вы, наверное, замечали, как меняется ваше самочувствие, если воздух сух или влажен.

Влажность — это наличие в воздухе паров воды. Водяной пар, как и воздух, невидим, и на глаз определить, много его там или мало, нельзя. Но вот если вы положите рядом два **термометра,** один из которых наполовину прикрыт мокрой тряпочкой, то заметите, что через некоторое время показания «мокрого» термометра стали меньше. Недолго думая, вы скажете, что причина этого в испаряющейся воде. Однако понаблюдайте подольше за тер-

мометрами и вы обнаружите интересную зависимость.

В те дни, когда воздух насыщен влагой, очень сырой, термометры покажут почти одну и ту же температуру. А вот когда подолгу не льют дожди, и воздух сух, испарение воды идет интенсивнее и «мокрый» термометр покажет значительно меньшую температуру, чем сухой. Значит, дело в том, что влажный воздух, как говорят, более насыщен парами воды. И когда это насыщение достигнет предела, своего для каждой температуры, насыщаться ему дальше будет некуда. Что же тогда произойдет? Вы правы, начнется обратный процесс — **конденсация.**

Вот почему, кстати, у **облаков** бывают плоские «днища». Теплый воздух, поднимаясь вверх, уносит с собой невидимые пары воды. По мере подъема температура падает, на какой-то высоте пары становятся насыщенными и начинают конденсироваться в капельки. Отсюда и «начинается» облако.

Или еще пример, уже на земле. Когда выпадает **роса**? Тогда, когда температура воздуха падает, а это происходит в самое холодное время суток — ночью или рано утром. В этот момент пары становятся насыщенными, и на почве, на листьях растений, на перилах лестниц мы обнаружим капельки — росу. Это состояние называют стопроцентной влажностью. Понятно, что при потеплении роса испарится, а влажность станет меньше.

Чтобы поддержать в домах или при путешествиях — в автобусах и вагонах — комфортные температуру и влажность, человек изобрел **кондиционеры** и увлажнители воздуха.

МОЖНО ЛИ ВОДУ НОСИТЬ В РЕШЕТЕ?

Одни из вас, вспомнив известную пословицу, тут же скажут: нет, нельзя! Другие, вспомнив известный опыт, сразу воскликнут: да, можно! Что же это за опыт?

Наверное, у каждого на кухне найдется сито для просеивания муки. Попробуйте им



зачерпнуть воды. Ясное дело, ничего не выйдет — на то оно и сито-решето. А вот если на мгновение погрузить его в жидкий парафин от свечи, только так, чтобы парафин не затянул дырочки насовсем, то такое сито носить воду сможет. Наливать ее в сито надо очень аккуратно, и тогда можно перенести заметное ее количество.

Почему же теперь вода не выливается? Если посмотреть снизу на наше сито, то можно заметить, что в каждой дырочке словно набухла капля, вода «выгнулась». Не напоминает ли это вам каплю, висящую на кончике пипетки? В обоих случаях кажется, что вода находится как бы в мешочке, в пленке. Еще такую пленку можно обнаружить, когда вы по капле добавляете воду в уже наполненный доверху стакан. Вода словно взбухает, «выгибается» вверх, но довольно долго через край не переливается.



Еще один опыт. Повращав между пальцами маленькую стальную иголку, осторожно положите ее на поверхность воды — не потонет! Взглянув сбоку, можно заметить прогиб

водяной пленки под иглой. Еще водомерки скользят по лужам и не тонут. Еще... Стоп!

Оказалось, что опытов и наблюдений над водяной пленкой — множество. Что же это за свойство воды? Молекулярное строение вещества подскажет нам, что на поверхности не только воды, но и всякой жидкости мельчайшие их частички взаимодействуют по-иному, нежели внутри. Они как бы стремятся уйти в середину, придать поверхности форму с самой маленькой площадью, натянуть на жидкость «пленку». Вот почему в **невесомости** вода собирается в шарики. Такая форма жидкости соответствует минимальной площади ее поверхности.

ЧТО ТЯНЕТ ВОДУ ВВЕРХ?

Вы не раз замечали, как в тоненьких «соломинках» — пластмассовых трубочках, из которых вы тянете коктейли или соки, — застревает жидкость. И чтобы от нее освободиться, надо «соломинку» встряхнуть или продуть ее. Что же мешает соку или воде самостоятельно вытечь из соломинки?

Если очень внимательно посмотреть на края поверхности воды в неполном стакане, то можно сказать, что они, изогнувшись, будто натянулись на стенки. Однако, если внутренние стенки стакана смазать жиром, то по-

верхность у краев станет не вогнутой, а выпуклой, словно подожмется.

Отчего так ведет себя вода? Видимо, ее молекулы в одних случаях сильнее тянутся к молекулам вещества стенки, чем друг к другу, а в другом — наоборот, как бы отталкиваются от стенки. Это хорошо заметно, когда пипеткой выдавливают одну каплю воды на чистое стекло, а другую — на загрязненное, масляное. Первая капелька буквально распластается по стеклу, «притянется»; вторая — «подожмется», сохраняя форму, близкую к шарику. Говорят, что чистое стекло смачивается водой, а загрязненное — нет.

Вот и получается, что смачивающая стенки узкой трубочки вода потянется по ним вверх. А, скажем, не смачивающая стеклянную трубочку **ртуть** опустится в ней вниз при погружении трубочки в сосуд со ртутью.

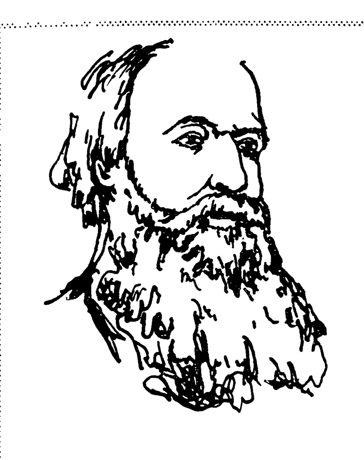
Такие явления получили название капиллярных. По тонким трубочкам-капиллярам поднимаются из земли «соки» в деревьях. По ка́ппилярам просачивается наружу вода из почвы. И даже бумага промокает потому, что в ее мельчайшие поры-капиллярчики впитывается-втягивается вода.

ГДЕ ТЕПЛО, А ГДЕ — ТЕМПЕРАТУРА?

Чем теплота отличается от температуры? Если мы говорим, что у одного тела более высокая температура, чем у другого, то чаще понимаем это как различные затраты тепла, пошедшие на их нагрев. Поэтому нередко эти понятия путаются или их считают одним и тем же. Но это не так.

Действительно, чтобы раскалить, например, железный гвоздь, нам надо привести его в соприкосновение с более горячим телом. Скажем, поместить в пламя горелки. Но разве пламя передает гвоздю свою температуру?





Джеймс Джоуль (1818—1889) — английский физик. Занимался исследованиями теплоты, газов, электромагнетизма. Установил закон о выделении тепла в проводнике с электрическим током. Вычислил скорость движения молекул газа, построил одну из температурных шкал. Вошел в историю науки как один из первооткрывателей закона сохранения энергии, дав ему опытное подтверждение.

Оно отдает ему часть своей **энергии,** иначе говоря, передает **теплоту.** А вот получая ее, гвоздь нагревается, то есть увеличивает свою **температуру.**

Это различие было бы особенно заметно, если мы пытались бы накалить гвоздь двумя способами: один раз — паяльной лампой, другой — спичками с той же температурой **пламени.** Очевидно, что в первом случае гвоздь дошел бы до температуры «белого каления» быстрее, чем во втором. Значит, при одной и той же температуре в пламени лампы и спички ему дольше бы передавалось необходимое для нагрева количество теплоты.

Обращаясь к молекулярной теории, можно сказать, что при нагревании увеличивает-

ся энергия движения молекул. А при охлаждении она теряется, передается другим телам. Температура же говорит о том, насколько велика энергия не всех вместе, а каждой молекулы.

Поэтому два горячих тела, имея одну и ту же температуру, передавать тепло друг другу не будут. То же самое произойдет и с одинаково нагретыми, но более холодными телами. Про них тогда говорят, что они находятся в **тепловом равновесии.**

Хороший пример, поясняющий сказанное — набор воды в ванну. Вы подливаете то холодной, то горячей воды, добиваясь нужной вам температуры. При этом вы каждый раз передаете воде в ванне порцию тепловой энергии, то большую, то меньшую по величине. А температура воды в ванне при этом может то расти, то убывать. Значит, энергия в виде передачи тепла ванне только растет, а температура воды может «плясать» вверх-вниз. Так что, как видите, теплота и температура — отнюдь не одинаковые понятия.

СКОЛЬКО ВСЕГО ТЕМПЕРАТУР?

Представьте, что **термометр**, которым вы хотите измерить свою температуру, оказался таким же по размерам, как и вы сами. Быстро ли тогда вы можете получить ответ? На-

верное, потребуется не 5 минут, как обычно, а, может быть, часы. Ведь чтобы дать верные показания, термометру необходимо прогреться.



Или еще пример. Попробуйте измерить температуру капельки теплой воды вашим домашним медицинским термометром. Пока он, нагреваясь, достигнет постоянных показаний, капля воды настолько охладится, что мы фактически измерим совсем не то, что нам нужно.

Получается, что измерение **температуры** имеет смысл лишь тогда, когда тела перестали обмениваться теплом. Говорят еще по-другому: они пришли в **тепловое равновесие.** Когда вы, например, случайно схватили горячую сковороду, стоящую на плите, то сразу почувствовали разницу в температурах. А вот, опуская руку в теплую воду, имеющую ту же температуру, что и ваше тело, вы ее просто не заметите.

Наверное, теперь ясно, почему термометры такие разные. Маленькие, медицинские — для измерения температуры нашего

тела. Или огромные — для измерения температуры воздуха на улицах либо воды в бассейнах.

А в каких единицах меряют температуру? Самая привычная для нас — **шкала Цельсия,** где один **градус** означает сотую долю от разницы температур между таящим льдом и кипящей водой. Но есть и другие шкалы, и другие градусы. Вы, возможно, слышали о **шкале Фаренгейта,** которой пользуются в США. По этой шкале вода замерзает при 32 градусах, а кипит при 212. Когда-то у нас была популярна **шкала Реомюра,** градус которой «потолще», чем у Цельсия. В науке же сегодня основной является **шкала Кельвина,** или абсолютная шкала температур. Ее градус равен градусу Цельсия, но отсчет по ней начинается значительно ниже температуры замерзающей воды.

ЧТО ТАКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И КОНВЕКЦИЯ?

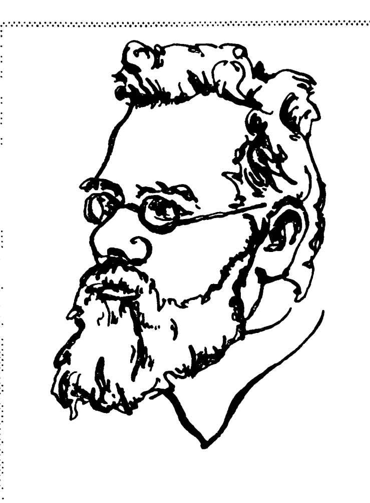
Передать тепло друг другу окружающие нас предметы могут не только при прямом контакте. Есть и посредники. К примеру, застоявшийся в непроветренной и неотапливаемой комнате воздух расположится как бы слоями. Внизу — самый холодный слой, вверху — самый теплый. И чтобы перенести тепло от потолка к полу, нужно воздух пе-

ремешать. А если поставить нагреватель, то воздух начнет циркулировать, менять местами, смешивать теплые и холодные слои. Это явление называется **конвекцией.**

А как вы думаете, почему чайники делают белыми или серебристыми? Оказывается, что с **цветом** тела связана его способность принимать или отдавать тепло. Только теперь роль посредника возьмет на себя так называемое **тепловое излучение.** Летом, вы обратили внимание, предпочитают носить светлую одежду. Она слабее поглощает тепловые лучи. Но вот что интересно — светлые предметы также неохотно их испускают. Поэтому чайник белого цвета будет медленнее остывать, чем темный.

Эти тепловые лучи могут распространяться и в пустоте — так вместе со **светом** нам





Людвиг Больцман (1844—1906) — австрийский физик-теоретик. Его работы посвящены математике, механике, оптике, электромагнетизму. Активный сторонник атомистических взглядов, внес огромный вклад в теорию газов и термодинамику. Открыл закон теплового излучения, экспериментально установленный позже. Идеи этого закона затем использовались при создании квантовой теории. Вывел существование давления света. Противостоял гипотезе тепловой смерти Вселенной.

передает тепло Солнце. Их вы можете почувствовать даже в отсутствие света. Благодаря такому свойству тепловое излучение «ловят» от невидимых глазом предметов. Так были обнаружены некоторые несветящиеся на небе звезды, а на земле построены **приборы ночного видения.** С их помощью можно различить предметы, температура которых разнится с окружающей средой. Это могут быть нагретые части двигателей машин или люди, прячущиеся в темноте.

Есть и специальные **ракеты,** способные наводиться на источники тепла. Такие ракеты повторяют все маневры преследуемой цели, например, самолета, вертолета или другой ракеты. Их, правда, можно обмануть, отбросив в сторону ложную цель, снабженную тепловым источником.

КАК УДЕРЖАТЬ ИЛИ «СБРОСИТЬ» ТЕПЛО?

Как быстро тела могут обмениваться теплом? Если в прохладную погоду вы легко одетыми выйдете утром на балкон, то вскоре почувствуете, что озябли. Очевидно, что теперь, собираясь в школу, вы наденете что-нибудь потеплее. Что вы сделали? Не что иное, как предохранили себя об излишней потери **тепла.** И чем холоднее вокруг, тем более теплую одежду вам придется носить. Но ведь одежда на самом деле не бывает «теплой» или «холодной». Это — лишь наши ощущения, говорящие о том, насколько она препятствует уходу или притоку к нам тепла. Иными словами, хуже или лучше проводит тепло.

Очень плохой проводник тепла — воздух. Поэтому так популярны зимой мех и шерсть. Между их ворсинками и волосками воздух задерживается, и мы словно носим на себе воздушную шубу, мешающую нам терять тепло. Посмотрите на это с другой стороны. Если в мех завернуть кусочек льда, то он в теплой комнате растает медленнее, чем на открытом воздухе. Мех «сохраняет» холод, как раньше хранил тепло. Но теперь ясно, что он просто плохо передает тепло в обоих направлениях.

Все тела различаются по своей **теплопроводности.** Хорошо передают тепло металлы. Из-за этого серебряная ложка, опущенная в

горячий чай, обжигает вас в отличие от пластмассовой или деревянной. Довольно хороший теплоизолятор — обычная вода. Например, аквалангисты надевают перед погружением увлажненный изнутри костюм. Слой воды между ним и телом не дает организму человека слишком сильно охладиться.

Вопросы **теплоизоляции** очень важны в технике и быту. Многим машинам нельзя перегреваться, и от них надо быстро отводить излишки тепла. Этого добиваются с помощью водяных или воздушных радиаторов. Наши дома зимой, напротив, необходимо утеплить, то есть применять такие материалы, как пустотелый кирпич, дерево, пористый бетон.

Очень интересный пример — космонавт в открытом космосе или на поверхности Луны. Снаружи — ледяной холод. От него человека защищает внешний костюм. С другой стороны, если совсем не отводить тепло, организм внутри скафандра перегреется. Избыточное тепло удаляет внутренний костюм с водяным охлаждением.

КАКОВЫ ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕКОРДЫ?

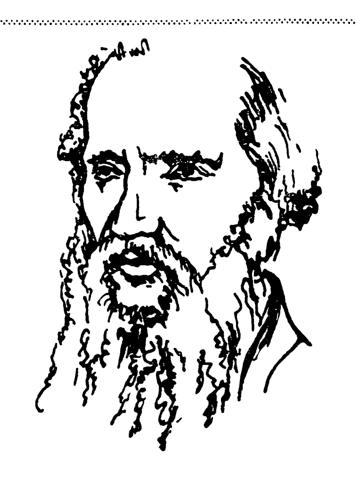
До каких пор можно понизить температуру? Известны рекорды, «поставленные» природой на Земле. В Якутии на так называемом **полюсе холода** или в Антарктиде температу-

ра падала почти до 90 градусов ниже нуля по **шкале Цельсия.** Но абсолютный ли это рекорд? Какова, например, температура на Луне?

Поскольку наука связала понятие температуры с движением мельчайших частиц вещества — **молекул,** то надо бы сказать так. Есть **вещество,** есть внутри него **движение** — есть и **температура.** А нет вещества, нечему двигаться или молекулы «застылы» на месте — значит температуры нет. А что такое, если чего-то нет, оно отсутствует? Пусто, **нуль,** причем — абсолютный.

Идея связать отсчет температуры с будто бы подсказанным природой самым нижним



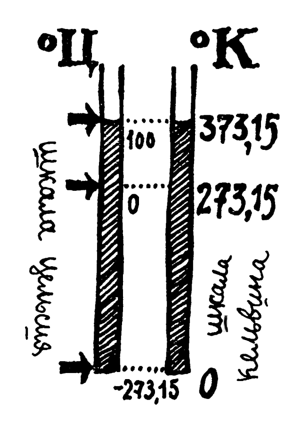


Уильям Томсон (**лорд Кельвин**) (1824—1907) — английский физик. Работал во многих областях науки, но более всего известен введением абсолютной температуры и шкалы температур (шкала Кельвина). Установил изменение температуры газа при истечении, что использовалось при получении низких температур. Изучал магнитные свойства кристаллов, сконструировал измерительные приборы высокой чувствительности и универсальный компас. Рассчитал параметры колебательного контура. Его исследования и изобретения содействовали развитию телеграфной связи.

ее уровнем принадлежит английскому физику Уильяму **Томсону** (лорду **Кельвину**). Так появилась названная абсолютной шкала температур. Нуль этой шкалы равен 273 градусам ниже нуля по шкале Цельсия. При такой температуре движение молекул прекращается, «замирает». Вот каков абсолютный рекорд «холодных» температур!

А каков рекорд температур «горячих»? Теперь мы должны сказать, что искать его надо там, где быстрее всего движутся частички вещества. И наш взгляд обратится... к звездам. Действительно, в некоторых из них

вещество сжато и разогрето до такой степени, что в самом «нутре» температура достигает десятков миллионов градусов.



Так какова же температура на Луне? Ясно теперь, что можно говорить лишь о веществе на ее поверхности. На солнечной стороне его температура может достигать плюс 125 градусов по Цельсию, а лунной ночью — понижается до минус 160 градусов.

ЧТО ДОЛЬШЕ ВСЕГО ХРАНИТ ТЕПЛО?

Возможно, вам приходилось слышать о том, что в приморье климат намного мягче, чем в центре континента. А если вы живете в районах, близких к большим водоемам, то могли бы и сами это почувствовать. В чем причина?

Огромные массы воды поглощают **тепло** и нагреваются заметно медленнее, чем твердые вещества, входящие в состав суши. Но так же долго вода будет и расходовать, отдавать свое тепло, не позволяя прибрежным регио-

нам слишком быстро вступать в зиму. То есть вода служит как бы тепловым тормозом, сглаживая резкие перепады температур. Эта особенность воды, как видно, сильнейшим образом влияет на **климат** всей Земли.

Была введена специальная физическая величина, отражающая свойство тел накапливать и хранить тепло. Ее название говорит само за себя — **теплоемкость.** Очевидно, что такие вещества, как металлы, остывают и нагреваются быстрее, чем, скажем, стекло или резина. Теплоемкость, конечно, связана с внутренним строением различных тел. Так, у легких металлов она, как правило, велика, а у тяжелых сравнительно мала.

А вот у газов способность поглощать тепло вообще, оказывается, зависит от того, каковы условия нагревания. Если, например, один и тот же газ нагревать сперва в закрытом сосуде, а в другом случае дать ему расширяться, то для повышения его температуры на один **градус** потребуется разное количество теплоты. Иными словами — его теплоемкость будет различна.

Знание этой характеристики вещества, безусловно, очень важно при проектировании и постройке самых разнообразных тепловых машин, жилых зданий и предприятий.

АККУМУЛЯТОРЫ ТЕПЛА

Может ли сохраняться **тепло** в холодных телах? Вопрос только на первый взгляд покажется странным. Поразмышляв, вы догадаетесь: речь пойдет о том, что называют **топливом.** Ведь спички можно зажечь и на морозе. Бензин, керосин, нефть, уголь и газ горят при самых разных температурах. Каким же образом «хранят» они внутри себя тепло, высвобождающееся при горении?

Мы с полным правом можем назвать эти накопления **внутренней энергией** тела. Когда-то, в незапамятные времена, поглощенная Землей **солнечная энергия** «впиталась» растущими на ней растениями. Погребенные в дальнейшем под толстыми слоями поздних пород, эти растения трансформировались в жидкое или твердое топливо. Теперь человеку приходится в буквальном смысле лезть под землю, чтобы его оттуда вычерпать или выковырять. По всей планете разбросаны нефтяные вышки, пробурены скважины на суше и на море. Земная твердь испещрена многокилометровыми ходами угольных шахт. Давным-давно, и чем дальше, тем больше, человек добывает **горючее** для обогрева жилищ и работы машин.

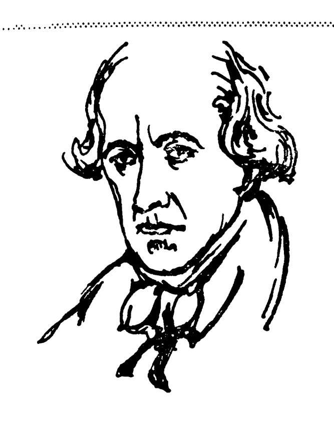
Виды топлива различаются по выделяемой при сгорании накопленной энергии. Скажем, при сгорании килограмма керосина выделяется почти в 5 раз больше тепла, чем у

дерева. Вот человек и придумывал различные устройства, чтобы перейти к использованию наиболее теплотворных веществ. К примеру, одни из самых удачных конструкций реактивных двигателей были созданы благодаря применению жидкого топлива.

Несмотря на долгую историю употребления **полезных ископаемых** в качестве горючего, люди пришли к выводу, что лучше их не сжигать, а перерабатывать в нужные нам вещества. Но тогда надо искать иные источники энергии. И это сейчас — одна из главных наших проблем.

КАК ЗАСТАВИЛИ РАБОТАТЬ ПАР?

Вы поставили на плиту чайник с водой. Прошло 10—15 минут, и чайник закипел. Если какое-то время не выключать плиту, то вода в чайнике окончательно «рассердится» и будет со свистом выталкивать из его носика струю горячего пара. Энергия, с которой вылетает пар, давно навела людей на мысль о создании машины, приводимой им в движение. Это действительно древняя идея, ее использованию около двух тысяч лет. Однако сделать пар реальной движущей силой, вращающей колеса различных машин и станков, удалось лишь в начале XVIII века. Паровая



Джеймс Уатт (1736-1819) — шотландский изобретатель. Исследовал свойства водяного пара. Внеся многие усовершенствования в устройства своих предшественников, создал универсальный паровой двигатель с непрерывным вращением. Сконструировал ряд приборов — ртутный манометр, водомерное стекло, индикатор давления, изобрел копировальные чернила. Ввел первую единицу мощности — лошадиную силу. Современная единица мощности носит его имя — ватт.

машина, усовершенствованная шотландским изобретателем Джеймсом **Уаттом,** полностью преобразила промышленность. Уже в 1782 году одна такая машина была способна приводить в движение до 40 ткацких станков.

В дальнейшем, поставив паровую машину на колеса, человек построил **паровоз.** Когда паровая машина оказалась на корабле, родился первый **пароход.** Затем пар стали использовать не только для того, чтобы толкать им поршень в цилиндрах. И передавать это возвратное движение с помощью хитроумных устройств к **колесам.** Оказалось, что эффективнее направлять горячий пар непосредст-

венно на колеса с лопастями, чем-то напоминающими **пропеллеры**. Такие агрегаты используют для получения энергии на теплоэлектростанциях.

Хотя нагревание воды, превращаемой в пар, во всех случаях требует затрат какого-то топлива, хотя при нескольких переходах энергии из одного вида в другой неминуемы потери, паровые **турбины** до сих пор играют важную роль в энергетике. Но в общем-то низкая эффективность использования пара давно уже заставляет людей искать иные способы превращения тепловой энергии в механическую.





Джордж Стефенсон (1781—1848) — английский изобретататель. Положил начало паровому железнодорожному транспорту. Создал первые практически пригодные модели паровозов, в том числе знаменитую «Ракету» с усовершенствованным паровым котлом. Построил несколько железных дорог, изменив рельсовый путь при переходе на локомотивную тягу, а также первую дорогу общественного пользования.

ОТ ВОДЯНОГО ПАРА — К ГАЗУ

Можно ли использовать для работы тепловых машин какой-нибудь другой **газ** помимо водяного пара? А почему вообще в этом случае мы ведем разговор лишь о газах? Все дело в том, что твердые тела и жидкости, не обладая такой способностью расширяться и сжиматься, как газы, не годились бы для применения в подобных машинах. Поэтому так называемым рабочим телом лучше всего в таких машинах и двигателях было сделать сами газы, образующиеся при сгорании **топлива**.

Особое внимание в связи с этим обращалось на изучение тепловых свойств различных газов и их смесей. **Термодинамика** — наука о процессах, происходящих в тепловых машинах, — прежде всего занималась вопросами, связанными с возможностью перехода **теплоты в работу.** А это и совершалось в тепловых машинах, где ключевую роль играли газы.

Законы, управляющие поведением газов, были достаточно твердо установлены ко времени их массовой «эксплуатации» в тепловых машинах. Но стремление сделать эти машины более мощными, надежными, эффективными словно подталкивало науку к более глубокому изучению их свойств. Выяснилось, что для полного описания газовых процессов нужно как следует разобраться с такими величинами, как их **давление, объем** и **температура.** Различные их сочетания словно рисовали картину, которая очень точно могла показать, что будет происходить внутри машины. Тем самым исследователям и практикам словно вручили заветные ключи от почти неисчерпаемых кладовых тепловой энергии. Триумфальное шествие от паровых котлов до реактивных двигателей прошло фактически за последние три сотни лет.

КАК ПРЕВРАТИТЬ ТЕПЛО В РАБОТУ?

Чем же помогла наука строителям тепловых машин?

В 1824 году французский физик и инженер Сади **Карно** опубликовал сочинение, в котором выяснил, какова может быть максимальная эффективность тепловой машины. Молодой, а ему тогда было лишь 28 лет, ученый, показал, что полезную работу можно получить только тогда, когда тепло переходит от нагретого тела к более холодному. Именно на этом пути можно «отнять» часть тепловой энергии и преобразовать ее в механическую — в движение **поршня** или вращение колеса. Чем больше разность температур между нагретым и холодным телом, тем большую часть тепловой энергии можно перевести в **работу.**

Стало понятно, что надо как можно выше делать **температуру** сгорания **топлива** и как можно ниже — окружающей среды, играющей роль холодильника. Это был решительный шаг на пути повышения **коэффициента полезного действия** тепловых машин. Причем совершенно не было важно, какова конструкция машины и что применяют в качестве ее рабочего тела.

С другой стороны, эти размышления С.Карно приводили к неутешительному вы-



Сади Карно (1796—1832) — французский физик и инженер. Один из создателей термодинамики, установивший второй ее закон. Считал невозможной постройку «вечного двигателя», указал на пределы перехода тепла в механическую работу. Сформулировал принцип работы газовых тепловых машин. Его чисто математические рассуждения имели огромное практическое и экономическое значение. Работы Карно привели к улучшению паровых машин и тепловых двигателей.

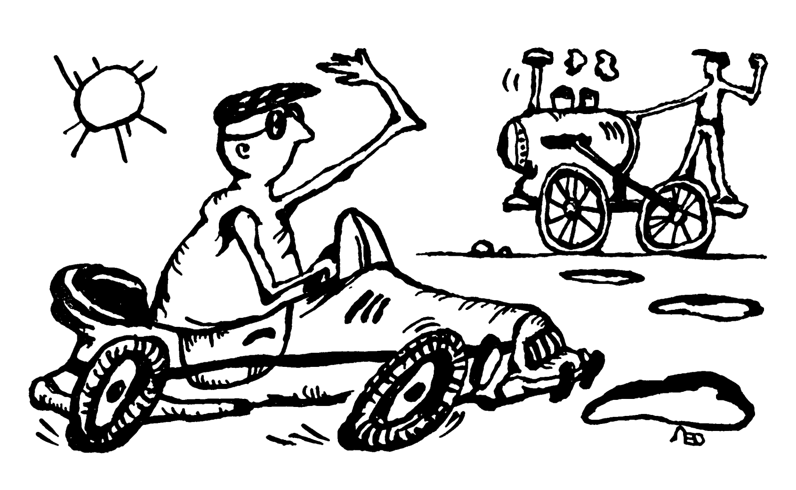
воду. Как бы хорошо ни сконструировали изобретатели и инженеры тепловую машину, как бы ее ни чистили и ни смазывали, никогда в ней не удастся все отобранное у нагретого тела тепло превратить в работу.

А как бы этого хотелось! Ведь механическая работа может полностью перейти в тепловую, **внутреннюю энергию** окружающих тел! Вспомните, как вы трете, согреваясь, ладони и уши, как древний человек трением добывал огонь, как нагревает себя и асфальт тормозящий автомобиль, теряя движение. Почему же невозможен обратный полный переход?

Увы, и здесь природа опустила шлагбаум запрета, который ни объехать, ни обойти. Правда, и в разрешенных ею пределах человек умудрился наизобретать еще много диковинного.

ПАРОВОЗ — ХОРОШО, А ТЕПЛОВОЗ — ЛУЧШЕ

Чем **пароход** отличается от **теплохода**, а **паровоз** — от **тепловоза**? В одних, ясно уже по названию, используют пар, а в других — газы, получающиеся при сгорании **топлива**. И то, и другое — **тепловые машины**, однако второй их тип оказался намного выгоднее.



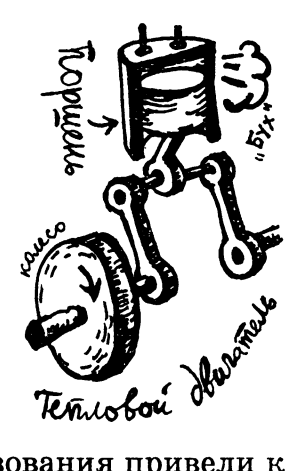


Рудольф Дизель (1858—1913) — немецкий инженер и изобретатель. Создал поршневой двигатель внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия, названный его именем. Экономичность и надежность обеспечили двигателю применение на автомобилях и теплоходах, тепловозах и тракторах, подводных лодках и электростанциях.

Действительно, чтобы работал паровой двигатель, нужно везти на себе прочный котел с водой для создания пара. И еще вместе с ним топку, где должно сгорать топливо для подогрева воды. Тяжелая, громоздкая и малоэффективная конструкция! Теплоходы же и тепловозы имеют двигатели, сразу внутри которых происходит сгорание топлива, а выделившиеся при этом горячие газы толкают **поршни**, передающие движение **рычагам, колесам**, гребным **винтам.**

Попытки создать устройство, движущееся по суше без рельсов, имеют давнюю историю. Более 200 лет назад во Франции был построен трехколесный экипаж с паровым двигателем и котлом огромных размеров. Понятно, что толку от такой машины было мало — ее легко обгонял пешеход. Наконец, в восьмидесятых

годах прошлого века были сделаны два изобретения, приведшие к созданию того, что можно назвать автомобилем. Это — **двигатель внутреннего сгорания** и пневматическая шина. Оснащенные новыми устройствами, автомобили стали завоевывать страну за страной. Более 100 лет совершенствования привели к тому, что теперь их в мире десятки миллионов. Двигатели, непосредственно внутри которых сгорает топливо, на сегодня вытеснили везде паровые и стали основными среди тепловых машин.



ЧТО БУДЕТ В ТЕРМОСЕ... С ЗЕМЛЕЙ?

Если тепло само по себе может передаваться только от горячих тел к холодным, то почему же за долгую историю Земли все горячие тела не охладились? Иными словами, почему не сравнялась **температура** всех известных нам тел? Вообразите, каким тогда бы стал наш мир — тепло никуда ниоткуда бы не передавалось и все вокруг словно бы оце-

пенело, «застыв» при одной и той же температуре.

Конечно, мы знаем, что мешает этому — наше родное Солнышко. Непрерывно посылает оно на Землю потоки тепла, подогревая то один, то другой ее бочок. Конечно, сама Земля «сбрасывает» излишки тепла, излучая его в космос, но Солнце вместе с извлеченной из земных недр человеком энергией заставляет все время тепло циркулировать по планете.

Вот если бы мы заключили Землю в огромный термос, то рано или поздно теплообмен на ней действительно прекратился бы. Все пришло бы в **тепловое равновесие.** Однако, лишь только чем-то извне создаются перепады температуры, как возникают потоки тепла. Все снова перемешивается, движется, живет.

Чтобы использовать тепловую энергию для совершения работы, человек научился искусственно создавать такие перепады температур. Все тепловые машины основаны на этом. И хотя все тепло перевести в работу ему запретили **законы термодинамики,** он и здесь пытался построить «вечный двигатель». Но как механические, так и тепловые двигатели подобного рода оказались невозможными.

Еще одна идея, только уже совсем пессимистическая, была «подсказана» термодинамикой в прошлом веке. А не может ли вся

Вселенная со временем, пусть очень большим, придти в мертвое состояние теплового равновесия? Новые исследования, получившие название неравновесной термодинамики, отвечают сегодня на этот вопрос отрицательно. По-видимому, ко всей Вселенной нельзя применять законы, годящиеся для процессов, происходящих в термосе.

КАК ХОЛОДИЛЬНИК «ХОЛОДИТ»?

Хорошо, пусть холодные тела только и «мечтают», чтобы нагреться, а горячие — охладиться. Но как же тогда работает **холодильник**? И правда, отключив его от сети и открыв дверцу, мы сперва почувствуем недолгую прохладу, но в скором времени весь лед растает, а продукты из охлажденных или замороженных превратятся в обыкновенные — с комнатной температурой. Что же позволяет этим процессам идти не естественным порядком, а наоборот?

Вспомним об **испарении**, скажем, спирта, когда ваткой, смоченной им, вам протирают кожу перед уколом. Что мы ощущаем? Правильно, холодок. Так вот, в холодильнике испаряющаяся жидкость отнимает тепло от всего, что внутри него находится. Но чтобы охлаждение шло постоянно, ее надо заставить это делать многократно.

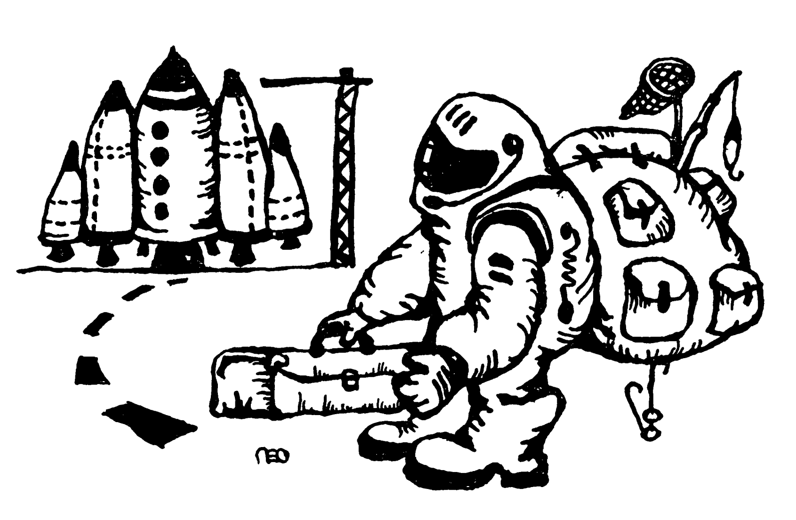
Вот почему мы слышим, как урчит двигатель холодильника, приводя в движение **поршни**, отсасывающие пары этой жидкости. Затем их прогоняют через **конденсатор**, укрепленный на задней стенке холодильника. Пощупав его во время работы двигателя, вы ощутите... тепло. Откуда оно взялось? А это конденсируются пары жидкости и, как и положено им в этом случае, выделяют наружу **тепло.** Сгустившись из паров, жидкость вновь поступает внутрь холодильника, чтобы, снова испарившись, отнять там порцию тепла.

Получается, что холодильник — это **тепловой двигатель** наоборот. К тепловой энергии, отобранной у продуктов, мотор добавляет энергию, полученную из электросети. И все это вместе «выбрасывает» в комнату. Выходит, включенный холодильник служит нам еще и дополнительным нагревателем воздуха в квартире.

ЧТО БЕРЕТ В ПОЛЕТ РАКЕТА?

То, что **реактивный двигатель** космической ракеты работает на принципе **отдачи,** вам хорошо известно. В одну сторону вылетают, оттолкнувшись от ракеты, раскаленные газы. В другую, оттолкнувшись от газов, летит ракета. А что же происходит внутри такого двигателя?

Это — тоже **тепловая машина.** В ней, правда, нет ни **поршней,** ни **рычагов,** ни колес. Тем не менее, ее устройство отнюдь не так просто. В отличие от **двигателей внутреннего сгорания** и паровых машин, где топливо горит в воздухе, здесь в камеру сгорания подаются одновременно **горючее,** скажем, керосин, и окислитель. Ведь в безвоздушном пространстве «зачерпнуть» воздух неоткуда. И его роль в полете должен взять на себя кто-то другой, к примеру, жидкий **кислород.** Вот его и приходится возить с собой в ракете вместе с горючим.





Сергей Павлович Королев (1907—1966) — российский ученый и конструктор. Основоположник практической космонавтики. Под его руководством были созданы первый искусственный спутник Земли и космические корабли, на которых человек впервые облетел Землю и вышел в открытый космос. Занимался конструированием и постройкой межпланетных станций.

Температура горения достигает в камере нескольких тысяч градусов. **Давление** так велико, что газы с огромной скоростью вырываются из камеры в расширяющееся отверстие на конце ракеты, называемое соплом.

Мы рассказали о жидкостном ракетном двигателе. Есть еще и твердотопливные, их вы могли бы увидеть при старте космического корабля «Шаттл». Они пристыкованы к корпусу основной ракеты и позволяют увеличивать тягу на первом отрезке взлета. Но во всех случаях, чтобы работали такие двигатели, потребовалось создать особые **жаропрочные материалы**. Они должны вы-

держивать, не плавясь, те гигантские температуры, которые возникают внутри таких двигателей.

Вновь, как это бывает чаще и чаще, создание одной машины заставило сотрудничать самые разные отрасли науки и техники.

ДАВАЙТЕ ПОРАЗМЫСЛИМ

? *Почему «нарезанный лук сильнее пахнет»?*

? *В какое время года сильнее провисают провода?*

? *Можно ли разбить молотком резиновый мяч?*

? *Из чего «сделаны» снежинки?*

? *О каком природном явлении говорится в загадке: «Мостится мосток без досок, без топора, без клина»?*

? *Правда ли, что «подо льдом теплой воды не бывает»?*

? *Можно ли вскипятить воду в бумажном кулечке?*

? *Почему говорят: «Ветер снег съедает»? Что это за явление?*

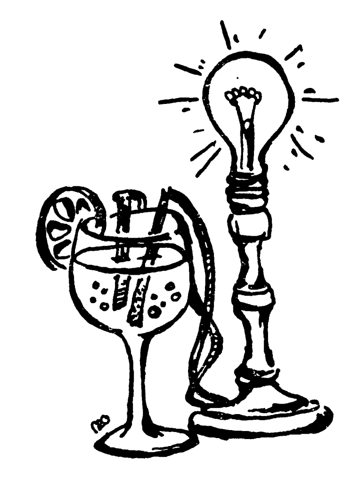
? *Согласны ли вы с тем, что «большую голову маленькая шапка не согреет»?*

- ? *Можно ли заморозить воду испарением?*
- ? *Отчего смоченным водой мылом можно поднять тарелку?*
- ? *О каком явлении гласит пословица: «Ему и беда, что с гуся вода»?*
- ? *Почему поднимается горючее по фитилю спиртовки или керосиновой лампы?*
- ? *Что толкает поршень в паровой машине и в двигателе внутреннего сгорания?*

МИР ЭЛЕКТРИЧЕСТВА



Отчего водолазки «трещат»? 198
Почему бьет молния? 201
Каким законам подчиняются заряды? . . . 203
Что такое электрический конденсатор? . . . 206
Как выглядит заряд? 208
Где легче «бегать» заряду? 209
Откуда «бьет» источник тока? 211
Бег по кругу 213
Как соединять проводники в цепи? 216
От чего зависит ток? 218
Чем греют ныне воду в самоваре? 220
Электроприбор номер один 222
Ток течет — заряд сохраняется 223
Легко ли изобрести лампочку? 225
Бег по пересеченной местности 228
Как в воде возникнет ток? 230
Дождемся ли электромобиля? 232
Блестящий обман электролиза 234
Откуда ток берется в пустоте? 236
Что роднит молнию и сварочный аппарат? . 238
Миниатюрный, надежный? — в космос! . . 241
Без потерь по проводам 243
Как зарядиться давлением? 245
Поле — стремительный гонец 247
Давайте поразмыслим 249



И в шуме наклонного ливня,
Сомкнувшего землю и высь,
Извилина вспыхнула длинно,
Как будто гигантская мысль.

А.Прасолов

Правду говорят: «Гром не грянет — мужик не перекрестится». А какой же гром без молнии? Сколько же миллионов раз должна была сверкнуть **молния**, чтобы мужик, перекрестившись, наконец-то задумался: а что же это такое?

Между натертыми кусочками **янтаря**, притягивающими предметы, и молнией, казалось бы, ничего общего. А ведь все это — электрические явления. И слово-то **«электричество»** от «янтаря» пошло. Но чтобы уловить родственность столь непохожих явлений, потребовались опять-таки тысячелетия.

Что ж, человек такой тугодум? Да нет, слишком «тонкой материей» оказалось электричество. Но уж когда выяснилось, что в нем к чему, люди так крепко «запрягли» его,

так приспособили, что всего за двести лет изменили с его помощью облик всей своей жизни.

Электротехника, электроника, электроэнергия, электровоз, электросварка, электростанция, электромузыкальные инструменты... Ну, ни шагу без электричества.

А не надо никуда шагать. Оно здесь, прямо на вас. Стоит стянуть с себя свитер, как...

ОТЧЕГО ВОДОЛАЗКИ «ТРЕЩАТ»?

Зима. Теплая, сухая квартира. Вечер. Мы готовимся ко сну. Стягиваем через голову водолазку или свитер, и вдруг в тишине раздается треск. Откуда взялись эти звуки? Если снимать шерстяную или синтетическую одежду в темноте, то можно заметить, как этот треск сопровождается искорками. Трещит и искрится наша одежда, и лишь тогда, когда мы, снимая ее, заставляем тереться, скользить по телу.

Чуть-чуть внимания, и обнаружится, что стянутая кофта притягивается к оставшейся на нас рубашке. Что же их тянет друг к другу? Соприкоснувшись, они словно избавляются от этой силы и обвисают. А бывает, что надолго прилипают друг к другу. Почему?

Еще один опыт, который вы проделываете, порой неохотно, каждый день — причесывание. Как иногда приходится мучиться с нашими волосами, которые буквально тянутся за расческой, липнут к ней. Опять немножко наблюдательности, и выяснится, что это происходит с пластмассовыми или деревянными гребешками, а с металлическими, как правило, — нет.

Подведем небольшой итог. Во время соприкосновения, а **трение** лишь увеличивает его площадь между телами, что-то происходит. Это «что-то» стали называть передачей **электрического заряда.** Его появление на раз-

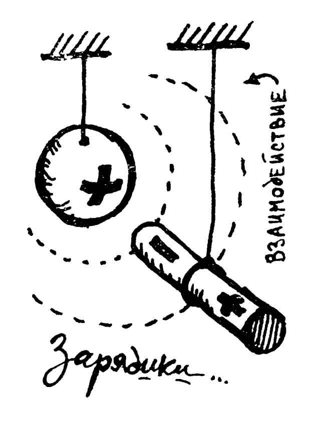




Уильям Гильберт (1544—1603) — английский физик и врач. Основоположник науки об электричестве. Верный экспериментальному методу, провел множество опытов по обнаружению электрических свойств различных тел. Обогатил эту область рядом открытий и приборов. Исследовал магнитные явления, установил, что Земля — большой магнит. Был первым сторонником идей гелиоцентрической системы Коперника в Англии.

личных телах приводит не только к их притяжению, но, бывает, и к отталкиванию. Поэтому заряды решили снабдить памятками-знаками. И теперь говорят, что притягиваются друг к другу тела с зарядами разных знаков, или разноименными зарядами: «плюс» к «минусу» — и «минус» к «плюсу». А отталкиваются одноименные: «плюс» от «плюса» — «минус» от «минуса».

«Прицепить», конечно же, мысленно, тот или иной знак заряда к тому или иному телу люди договорились давно. Сейчас, покупая электрическую батарейку, вы сразу же найдете на ней эти обозначения. Это поможет вам правильно вставить ее в какой-либо при-



бор, где тоже имеются такие отметки. А теперь попробуйте еще раз побаловаться с зарядами разных знаков. Потрите пластмассовую расческу о сухие волосы и поднесите к разбросанным по столу мелким бумажным ленточкам или обрывкам. Ну, что произойдет?

ПОЧЕМУ БЬЕТ МОЛНИЯ?

Способность различных тел заряжаться люди обнаружили давно. Но долгое время эти новые электрические силы человек не знал как использовать. Научившись создавать с помощью **трения** внутри электрических машин довольно заметные **заряды**, даже исследователи применяли их для развлечения. В XVII—XVIII веках были очень популярны электрические фокусы, особенно такой, когда у заряженного человека волосы буквально вставали дыбом.

Это явление объясняется просто. Растекшийся по поверхности человека заряд одного

знака стремится раздвинуть, оттолкнуть все, на что он попал. Поэтому и волосы поднимались, расходясь друг от друга в разные стороны. Когда же поблизости оказывались разноименные заряды, то, стремясь притянуться, соединиться, они порой вызывали электрическую искру. Иначе это еще называют электрическим пробоем воздуха.

Не нужно думать, правда, что электричество служило только для потехи праздной публики. Сходство между искусственно полученными электрическими искрами и наблюдаемой при грозах **молнией** наводило на мысль об одинаковой их природе. Действительно, во время движения воздушных потоков из-за **трения** происходит разделение электрических зарядов и накопление их в облаках и на поверхности Земли. Достигая



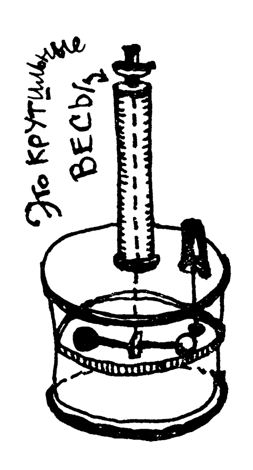
большой величины, эти заряды способны пробить воздух, что и приводит к гигантской искре — молнии. XVIII век был славен тем, что проводилось уже довольно много экспериментов, связанных с поиском защиты от молнии. Опыты с атмосферным электричеством были весьма рискованны и кое-кому даже стоили жизни.



Постепенно накапливались наблюдения и факты, которые позволили ученым объяснить электрические явления. И от увеселений перейти к тому, чтобы поставить их на службу человеку.

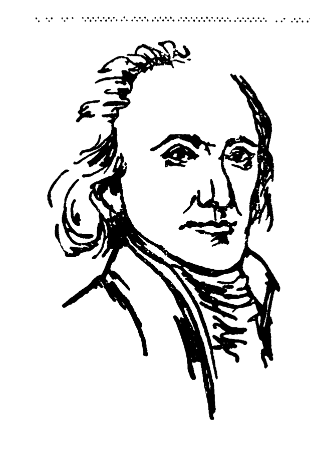
КАКИМ ЗАКОНАМ ПОДЧИНЯЮТСЯ ЗАРЯДЫ?

Как описать и рассчитать взаимодействие зарядов? Эту задачу поставил перед собой знаменитый французский ученый Шарль Кулон. Изобретя специальные, так называемые крутильные весы, он стал исследовать притяжение и отталкивание маленьких заряженных шариков.



Закон, который он открыл немногим более 200 лет назад, оказался очень похожим на установленный Ньютоном **закон всемирного тяготения.** Как и в том законе, у Кулона взаимодействие шариков ослабевало с увеличением расстояния между ними. А роль притягивающихся масс стали играть заряды шариков, и чем больше они становились, тем заметнее росла электрическая сила. Отличались, правда, эти законы тем, что массы могли только притягиваться, а заряды, как известно, еще и отталкиваются.

Интересно, как Кулон делил заряды. Он приводил в соприкосновение два одинаковых по размерам шарика из бузины, один из которых был заряжен, а другой — нет. Кулон полагал, что в этом случае заряд «растекается» поровну. Но тогда возникает вопрос: что, если друг друга коснутся два шарика с равными по величине, но разноименными зарядами? Опыт показывает, что электричество... как бы исчезало. Похожий случай мы наблюдаем, когда стянутый с себя зарядившийся свитер вновь приложим к телу. После этого заряд словно пропадает.

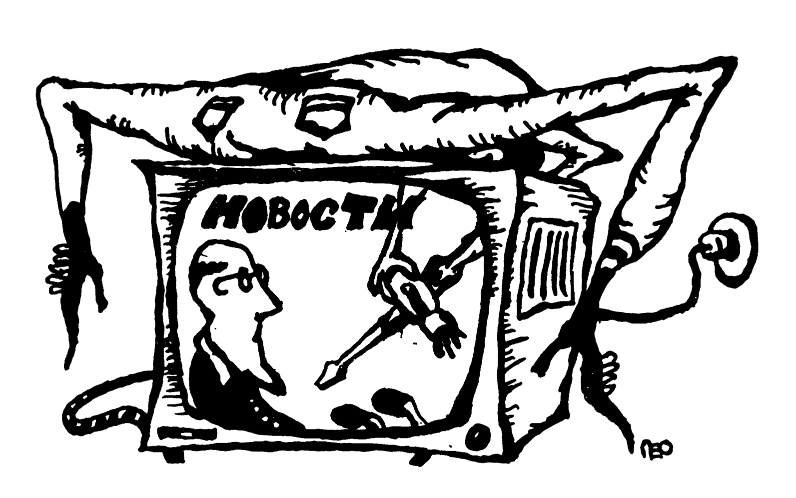


Шарль Кулон (1736—1806) — французский физик и военный инженер. Сформулировал законы трения. Построил крутильные весы — чувствительный прибор, с помощью которого установил основной закон электричества (закон Кулона). Занимался исследованием упругих свойств тел и магнитных явлений.

Вот эта особенность электрических зарядов компенсировать друг друга лежит в основе еще одного **закона сохранения.** Если, скажем, одно тело поначалу было вовсе не заряжено, то потерев его части друг о друга, мы получили в одном месте ровно столько положительного заряда, сколько в другом — отрицательного. Соединившись, эти «плюсы» и «минусы» вновь дадут ноль, отсутствие заряда вообще. Таким образом, сколько было заряда, столько же и осталось. Этот закон не менее важен, чем и другие великие законы сохранения.

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНДЕНСАТОР?

Что вы предпримите, если захотите, чтобы ваша одежда «не стреляла»? Либо добавите при ее стирке в воду так называемый **антистатик,** либо побрызгаете им на одежду из специальных баллончиков, имеющихся в продаже. Получается, что в одних состояниях какие-то тела хорошо «держат» заряд, а в других — легко с ним «расстаются». Вот на эту возможность накапливать, сохранять какое-то время заряд обращали внимание, когда электричеством нужно было воспользоваться не сразу после его получения.



В 1745 году голландскому физику П.ван Мушенбруку удалось изобрести первый **конденсатор.** В историю этот прибор вошел под названием лейденской банки. В дальнейшем конденсаторы — накопители электрических зарядов — сильно изменили свою «внешность». Но главной их задачей по-прежнему было удержание рядом больших зарядов разных знаков. Особенно широко они стали применяться с развитием радиотехники.

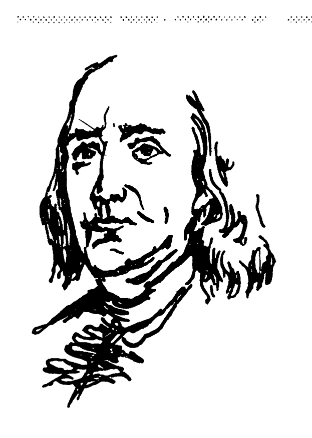
Почему опасно залезать внутрь приемника или телевизора даже в том случае, когда они отключены от сети? Случайно коснувшись контактов от двух разноименно заряженных обкладок какого-либо конденсатора, вы можете получить ощутимый **электрический удар.** Заряды, стремясь соединиться, пробегут через вас. Так что поручите все же ремонт специалисту.

В принципе можно использовать большие конденсаторы для хранения **электрической энергии.** Но, к сожалению, надолго их не хватает. Если воздух хоть немного влажен, то он способствует пусть и медленной, однако постоянной утечке заряда. Конденсатор в таком случае необходимо время от времени подзаряжать.

КАК ВЫГЛЯДИТ ЗАРЯД?

Способность электрических зарядов перемещаться внутри одного тела, перетекать или перескакивать на другое казалась очень любопытной. Может быть, это какая-нибудь жидкость? Она невидима и невесома, но заряжена. По мнению Бенджамина **Франклина**, американского физика, занимавшегося исследованиями электрических явлений, все вещества в природе содержат «электрическую жидкость». Переливаясь из одного тела в другое, она как бы добавляет или убавляет их **заряды**.

Конечно, такие догадки, хотя поначалу и много могли объяснить, не выдержали проверки временем. Идеи о «зернистом» строении вещества коснулись и электричества. К



Бенджамин Франклин (1706—1790) — американский физик и политический деятель. Основные научные исследования проводил в области электричества. Объяснил действие «лейденской банки», построил первый плоский конденсатор, изобрел молниеотвод, доказал электрическую природу молнии. Применил электрическую искру для взрыва пороха. Разработал теорию электрических явлений, в которой содержался закон сохранения заряда.

мысли о дробности заряда вела его возможность делиться между телами. А когда в конце прошлого века — вот-вот этому событию «стукнет» 100 лет — была обнаружена мельчайшая отрицательно заряженная частичка, стало ясно, что все заряды — составные. Заряд **электрона,** а так назвали новую частичку, оказался самым маленьким в природе. Он так крохотен, что нужны тысячи миллиардов электронов, чтобы получить заряды шариков, заметно влияющих друг на друга, как в опыте **Кулона.**

Электроны так легки, что очень свободно, огромными «партиями» или «стаями», могут двигаться, перенося с собой заряд. Вот это и создает впечатление текущей «электронной жидкости». Теперь же, говоря о заряде, имеют в виду избыток (отрицательность) или недостаток (положительность) электронов в теле.

ГДЕ ЛЕГЧЕ «БЕГАТЬ» ЗАРЯДУ?

Если заряд — это множество микроскопически заряженных частичек, то как они движутся? Ведь на пластмассовой расческе, мы это видели, **заряд** способен, хоть недолго, удерживаться. А на металлических, какими часто пользуются парикмахеры, заряду «не сидится», поэтому волосы к ним не притягиваются. На сухих блузках заряды какое-то

время сохраняются, с треском и искрами выдавая затем свое присутствие, а со смоченных **антистатиком** куда-то сразу «удирают».

Электрическая искра, проскакивающая между обкладками **конденсатора,** — также свидетельство того, что до поры «сидевшие» в покое заряженные частички вдруг ринулись навстречу друг другу. Что же позволяет зарядикам на одних телах покоиться, а по другим бежать?

Давно было замечено, что все тела в природе можно разбить на два «лагеря»: хорошо и плохо пропускающие через себя электрические заряды. Первые назвали **проводниками**, а вторые — **изоляторами**, или, как еще говорят в науке, диэлектриками.



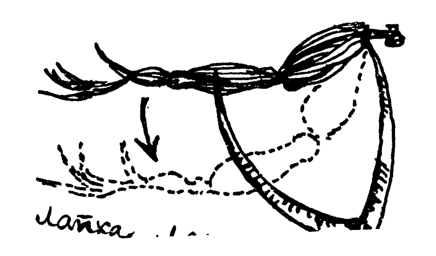
Наверное, нет нужды перечислять прекрасно вам известные проводники. Вы сами сразу назовете металлы, из которых делают провода и спаивают контакты. А чуть подумав, добавите к ним и жидкости, которые вы замечали в **батарейках** или **аккумуляторах.** Изоляторы тоже легко указать — это дерево, стекло, пластмассы, фарфор.

А вот воздух? Безусловно, когда он сух, то является отличным изолятором. Но уж если через него проскочила электрическая искра, то в этот момент он, разумеется, стал проводником.

ОТКУДА «БЬЕТ» ИСТОЧНИК ТОКА?

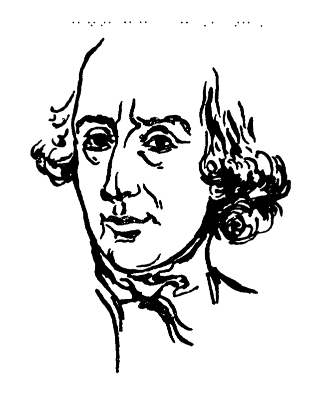
Возьмите в руки обычную электрическую **батарейку** и рассмотрите ее. Вы, конечно, найдете на ней «плюс» и «минус» — значки, отмечающие ее полюса. Если присоединить их к лампочке, скажем, от карманного фонарика, то она зажжется. Что заставило ее гореть? Ясно, что по ней побежали от одного полюса батареи к другому электрические заряды. Или еще мы говорим, что потек **электрический ток.**

Почему же он не течет внутри самой батарейки, когда она ни к чему не присоединена? Заряды-то на ее полюсах разноименные и хотели бы притянуться друг к другу. Значит, внутри батарейки им что-то мешает



соединиться, какая-то сила раздвигает их. А вот через лампочку и проводки — бегите себе, заряды, пожалуйста. Но лишь только перебегут они от одного полюса к другому, только встретятся, как опять эта сила разлучит их, разведет по полюсам, чтобы снова помчались они через лампочку. Так и течет без перерыва электрическая речка по замкнутому кругу, сколько сил у батарейки хватит.

Обнаружилось подобное явление в опытах итальянского ученого **Л.Гальвани.** Соединяя мышцы и нервы препарированной лягушки **проводником,** состоящим из железа и меди, он заметил сокращение, дергание мышц. То есть в металлах, как в будущей батарейке, заряды перебегали друг к другу через лапку лягушки. Правда, Гальвани полагал, что в каждом животном есть свое собственное, особое электричество. Позже его соотечествен-



Луиджи Гальвани (1737—1798) — итальянский физик и физиолог. Один из основоположников учения об электричестве, обнаруживший сокращение мышц лягушки под действием электрического тока. Его опыты с «животным» электричеством легли в фундамент нового научного направления — электрофизиологии.

ник Алессандро Вольта исправил эту ошибку, доказав, что электричество по своей природе везде одно и то же. Ему также удалось построить в 1800 году первый источник электрического тока — **вольтов столб**, состоящий из чередующихся медных и цинковых пластинок. С этого изобретения начинается история кропотливых исследований электрического тока.

БЕГ ПО КРУГУ

Какие бы источники **электрического тока** мы ни использовали, заставить их работать сможем лишь тогда, когда соединим их полюса проводами и приборами. Иначе говоря,



Алессандро Вольта (1745—1827) — итальянский физик и химик. Под влиянием наблюдений Гальвани занялся исследованием электрического тока. Изобрел и построил первый длительно действующий источник тока — вольтов столб. Это устройство проторило дорогу дальнейшему экспериментальному изучению электричества. Автор многих приборов и проекта телеграфа.

мы должны образовать **электрическую цепь.** В отличие от обычной речки, текущей только сверху вниз, электрический ток должен течь лишь по замкнутым путям. Роль насоса, перекачивающего воду из нижнего течения реки назад, на высоту, играют источники тока, «перекачивающие» внутри себя заряды с одного полюса на другой.

Понятно, что вольтовы столбы или те маленькие электрические **батарейки**, которыми мы пользуемся сегодня, — не слишком мощные источники тока. Поиск новых, более «солидных», продолжается уже около двух столетий. Но для установления законов, которым подчиняется электрический ток, на первых порах было достаточно и простейших его источников.



Андре Мари Ампер (1775—1836) — французский физик, математик и химик. Открыл закон взаимодействия электрических токов, сформулировал правило для определения действия тока на магнитную стрелку. Тесно связывал электрические и магнитные явления, предположив, что магнетизм объясняется микроскопическими токами внутри вещества. Изобрел множество приборов, в том числе электромагнитный телеграф.

Начало XIX века ознаменовалось широким наступлением ученых на выяснение этих закономерностей. Вводятся такие важные физические величины, как **сила тока** и **напряжение.** Первая величина подобна расходу воды в реке, а вторая — напору, создаваемому плотиной. Устанавливается направление тока в замкнутой цепи.

Правда, с ним вышел небольшой казус. Поначалу считалось, что по электрической цепи из металлических проводников циркулируют положительные заряды. Сегодня же достоверно известно, что текут-то по ним отрицательно заряженные **электроны.** И, конечно, в противоположном направлении.

А вот **единицы измерения** силы тока и напряжения претерпели лишь количественные

изменения. Сегодня они хорошо вам знакомы и указаны практически на каждом электрическом приборе. Взгляните, например, на розетку, лампочку или штепсель. На них вы найдете наименования этих единиц, присвоенных в честь великих ученых, — это **амперы и вольты.**

КАК СОЕДИНЯТЬ ПРОВОДНИКИ В ЦЕПИ?

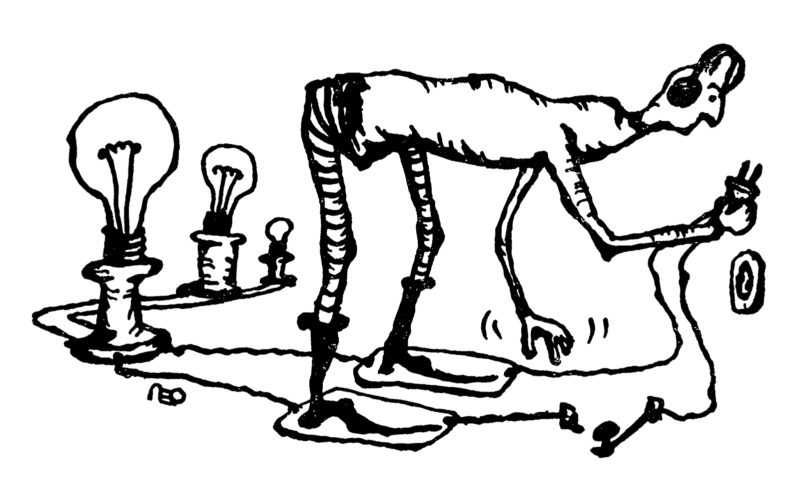
Если составить **электрическую цепь** из батарейки или небольшого аккумулятора, проводов, выключателя и нескольких лампочек, то можно провести такой опыт. Соединяя лампочки одну за другой, как в елочной гирлянде, мы заметим, что они горят не слишком ярко. А если соединить их так, чтобы ток разветвлялся и тек по ним, как вода в рукавах реки, то накал лампочек значительно возрастет. Почему? Ведь **источник тока** один и тот же, да и лампочки не меняли вроде своих свойств. Все дело, по-видимому, в особенностях их соединения.

Как вы думаете, в каком случае току было легче течь по цепи? Наверное, во втором. Так как мы дали ему возможность, хоть и разделившись, пройти лишь по одной лампочке. А в первом — заставили «перебрать» все лампочки последовательно. Это как в трубе — сквозь узкую длинную трубку воде протечь

труднее, чем если бы ее нарезали на кусочки и сложили бы так, чтобы вода текла через большое ячеистое отверстие.

Эти нехитрые эксперименты подсказывают, как соединять в разных случаях проводники. Когда нужно увеличить их **сопротивление** электрическому току, их ставят в «затылочек» друг другу — последовательно. А если хотят уменьшить это сопротивление, то размещают их, как воинов в строю — всех «лицами» в одну сторону, или параллельно.

Разбираясь с различными электрическими схемами, вы всегда обнаружите тот или иной вид соединения не только проводников, но и самых разных элементов цепи. Учет пра-



вил **последовательного и параллельного соединений** заметно облегчает расчеты. Скажем, в наших квартирах все приборы подключаются к электрической сети параллельно.

Вопросами сопротивления проводников занимались многие известные ученые. Выяснилось, что оно зависит как от размеров проводника, так и от вещества, из которого он сделан. Знание этих характеристик позволяет подобрать нужные материалы как при передаче электроэнергии по проводам, так и при изготовлении радио- и электронных схем.

ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ТОК?

Огромную роль в понимании электрических явлений сыграл закон, открытый скромным немецким учителем Георгом **Омом.** Его предшественники были весьма близки к установлению этого закона, однако не смогли его сформулировать. Поставив многочисленные опыты, Ом уловил важную связь. **Сила тока,** текущего через **проводник,** будет тем больше, чем большее напряжение создаст на его концах источник тока. С другой стороны, если мы начнем увеличивать **сопротивление** проводника, оставив в покое напряжение, то заметим, как ток тут же уменьшится.



Георг Ом (1787—1854) — немецкий физик. Экспериментально открыл основной закон электрической цепи, вывел его теоретически. Глубоко изучил явление электрического сопротивления, ввел важные для электротехники понятия. Установил различие между основным тоном звука и добавочными — обертонами. Также проводил исследования в области оптики.

Этот закон лег в основу всех последующих расчетов электрических цепей. Вот, например, в некоторых театрах свет гасят не мгновенно, а постепенно. Добиваются этого тем, что медленно увеличивают сопротивление, включенное последовательно с лампами. Иногда мы замечаем, что в наших квартирах резко вспыхивают или угасают электролампы. И мы уже автоматически говорим: напряжение возросло или упало. Все это — действие **закона Ома.**

Чтобы в наших домах или приборах не возникло пожаров от короткого замыкания, на входе в квартиру вставляют в электрическую цепь предохранители. Их сопротивление подбирают так, что при большом токе

они, нагревшись, могли бы разомкнуть цепь. И на время «обесточить» квартиру или прибор.

А вот заслуги в исследовании электричества и необыкновенное трудолюбие принесли Ому славу и позволили, в конце концов, полностью посвятить себя научной работе. Его имя получила единица измерения электрического сопротивления — 1 Ом.

ЧЕМ ГРЕЮТ НЫНЕ ВОДУ В САМОВАРЕ?

В своих опытах Г.Ом использовал интересный **источник тока.** Две проволочки — медная и висмутовая — местами своего соприкосновения погружались в кипяток и в лед. Со времен Гальвани было известно, что при контактах разнородных металлов может появиться электричество. А если, как это делал Ом, поддерживать два таких контакта при постоянных, но разных температурах, то по проволочкам потечет равномерный ток. Вот такой источник, а называется он термоэлемент, очень помог Ому.

Эффективность этого элемента, к сожалению, довольно мала. Однако возможность перевести **тепловую энергию** в электрическую подсказала и другие, как бы встречные идеи.

Сейчас покажется очевидным, что электричество доставляет нам в дома практически

всю необходимую энергию. А ну-ка, пройдемся по своей квартире. Кроме батарей центрального отопления, пожалуй, все остальные нагревательные приборы «питаются» электричеством. У многих на кухнях стоят электроплиты. Подогреть воду зачастую предпочитают в электрическом чайнике и электросамоваре. Бывает, что в холодные дни, когда отключают на ремонт водяное отопление, вы призываете на помощь электрокамины.

Не удивляйтесь, если вы, даже включив свет, не обнаружите в доме еще несколько источников тепла, потребляющих электричество. Но вы сразу догадаетесь, о чем речь, когда поспешите выкрутить из патрона перегоревшую лампочку. Обожглись? Так что же, разве лампочка — не **источник тепла**? Увы,



ваше предположение о том, что она — **источник света,** верно лишь отчасти. На излучение света лампой тратится лишь несколько процентов **электроэнергии.** Все остальное — тепловые потери.

Таким образом, возможность перехода электрической энергии в тепловую оказалась для нас очень важной. Иногда, как в нагревателях, хотелось бы тепла получить побольше, а вот в примере с лампочкой — поменьше.

ЭЛЕКТРОПРИБОР НОМЕР ОДИН

Какой самый важный электрический прибор в вашей квартире? Электроплита? Нет. Электрофен? Нет. Электролампа? Электробритва? Электрокамин? Нет, и еще раз нет.

Разумеется, вы можете не соглашаться, но самый главный прибор, через который проходит электрический ток ко всем уже названным, — это **электрический счетчик.** Безусловно, работать наши приборы могли бы и без него. Но если его не установят у входа в квартиру, то электричество вам просто не подадут.

Что делать — ведь если мы всеми нашими приборами энергию потребляем, то кто-то где-то должен ее производить. Конечно, мы об этом редко задумываемся, но «пройдя» по электрической цепи, выходящей из квартиры, мы «по проводам» обязательно доберемся

до электростанции. Тут-то станет совершенно ясно, почему в наших домах горит свет, работают плита, холодильник и телевизор.

Здесь мы увидим, с какой силой падает с плотины вода на гидростанциях, как целые эшелоны угля и нефти «пожираются» на теплостанциях. Нам придется ощутить, сколько гидравлической или тепловой энергии затрачивает поначалу человек, чтобы от этих станций к нашим домам побежал электрический ток.

А раз есть затраты — то никуда не деться — есть и подсчеты. Это довольно сложные операции, в которых заняты инженеры, бухгалтеры и экономисты, оценивающие стоимость электроэнергии. А результат их расчетов (и нашей расточительности) мы каждый месяц видим на квитанциях о плате за электроэнергию. Нас, правда, научили (а вас еще нет?) заполнять их самостоятельно.

Вот и выходит, что электросчетчик, как ни крути, а прибор важнее многих. Иными словами, «хочешь кататься — люби и саночки возить».

ТОК ТЕЧЕТ — ЗАРЯД СОХРАНЯЕТСЯ

Что же требуется для того, чтобы тек электрический ток? Какие условия обязательно должны выполняться? Первым делом, разумеется, должны быть в наличии носители за-

ряда — заряженные частички, к примеру, **электроны.** Второе условие: необходима сила, которая будет их «тащить» вдоль **проводника.**

Но почему мы говорим только об отрицательно заряженных электронах? Ведь если включить ток в электрической цепи, то выяснится что полный заряд всех ее элементов может быть равным нулю. Тогда закон сохранения заряда подскажет нам, что кроме электронов в нашей цепочке скрывается ровно столько же зарядов положительных. И правда, прошло не так уж много времени после открытия электрона, как были обнаружены его товарищи-напарники. Их назвали **протонами,** они в пару тысяч раз помассивнее электрона, а вот заряд имеют точно такой же, но положительный. Комбинации этих двух видов заряженных частиц обеспечивают протекание тока во всех известных случаях, хотя ясно, что легоньким электронам это удается лучше.

А вот другой закон сохранения — энергии — позволил «разложить по полочкам» все ее переходы внутри электрической цепи, какой бы сложной она ни была. Судите сами. Что подает энергию в цепь? Батарейка, аккумулятор, генератор тока на электростанции. Все они совершают работу, преобразуя в электрическую иные виды энергии, скажем, химическую или механическую. А дальше все происходит, как в любой извест-

ной нам машине. Часть электрической энергии идет на нужный нам нагрев, положим, воды в электросамоваре или воздуха в комнате, либо — на механическую работу, как в электрокофемолке или пылесосе. И, конечно, неминуемы потери, которые, как всегда, учтет коэффициент полезного действия нашего устройства.

Закон сохранения энергии в применении к электрическим цепям был установлен двумя физиками: английским — Дж.Джоулем и российским — Э.Х.Ленцем немногим более 150 лет назад.

ЛЕГКО ЛИ ИЗОБРЕСТИ ЛАМПОЧКУ?

Отчего же все-таки при протекании электрического тока проводники нагреваются? И даже могут излучать свет? Многие десятилетия нагревательные и осветительные приборы создавали подбором, наблюдая и описывая лишь внешние эффекты. Вот, например, этот металл или угольный стерженек раскаляется ярче, чем какой-то другой. А не попробовать ли еще какой-нибудь — вдруг будет лучше? Понятно, что такой метод — метод проб и ошибок — был не очень продуктивным. С другой стороны, отдадим дань упорству и настойчивости десятков изобретателей, которые шли этим нелегким путем.

Хорошая иллюстрация здесь — история создания электрической лампочки накаливания. Русский электротехник А.Н.Лодыгин затратил множество усилий, перебирая различные материалы для нагреваемого стерженька. Постепенно он дошел до идеи накалять угольный стерженек в закупоренной стеклянной колбе. Первые лампы горели около получаса. Откачав воздух из колбы, Лодыгин довел время накала до нескольких часов. Даже такими несовершенными лампами ему удалось осветить в 1873 году одну из улиц Петербурга.

Узнав о лодыгинской лампе, ею заинтересовался американский изобретатель Томас Эдисон. Проделав 6000 опытов, исписав 200 записных книжек, он выяснил, что





Александр Николаевич Лодыгин (1847—1923) — российский электротехник. Занимался изобретением летательных машин. Построил угольную лампу накаливания — прообраз будущих электрических лампочек. Один из основателей электротермии — прикладной науки о преобразовании электрической энергии в тепловую.

нужно для продолжительной работы такой лампочки. Откачка до низкого давления, патрон и выключатель — этим мы пользуемся до сих пор. А вот лучше всего у Эдисона светились обугленные бамбуковые волокна. Затем вновь Лодыгин усовершенствовал лампу, заменив волокна на **вольфрамовую нить.** Этот металл «прижился» в лампе и работает в ней и сейчас.

Как вы думаете, выгодно ли сегодня так, буквально вслепую, подбирать нужные нам качества у создаваемых приборов? Стремление получить надежные ответы на запросы практики, да и, конечно, неутомимое любопытство заставляло исследователей вновь заглянуть в «устройство» вещества. Может быть, там кроются разгадки замысловатых тайн **электрического тока?**

БЕГ ПО ПЕРЕСЕЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ

Еще раз поставим вопрос: почему электрический ток нагревает проводники? А теперь попробуем ответить на него, опираясь на достижения ученых в изучении микроструктуры вещества. Открытая почти 100 лет назад самая маленькая заряженная частичка — **электрон** — словно взяла на себя ответственность за протекание тока в металлах. Если металл-проводник не включен в электрическую цепь, то юркие электроны снуют внутри него, как **молекулы** газа в комнате. Но стоит подключить проводник к источнику тока, как тут же появляется сила, которая чем-то напоминает дуновение ветра.

Вспомните, быть может, вам приходилось видеть рой мошкары, снующей в воздухе у пруда, у реки или в летнем лесу. Дунул ветер, и все облако словно поехало, хотя беспорядочное движение в нем продолжается. Так и «электрический ветер» понесет вдоль проводника стаи электронов, и тем сильнее, чем большее **напряжение** способен создать источник тока.

Постойте, скажете вы, ведь электроны несутся не в пустотелой трубочке, это же сплошной металл! Но тут молекулярная теория напомнит вам, что как бы плотно ни были упакованы атомы вещества, между ними — довольно порядочные щелки. В каком-



Джозеф Джон Томсон (1856—1940) — английский физик. Прославил себя экспериментальным открытием электрона. Обнаружил эффект испарения электронов нагретыми металлами. Разработал теорию движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях, изучал особенности прохождения электрического тока в газах. Предложил одну из первых моделей устройства атома. Один из основоположников электронной теории металлов.

то смысле движение электронов по металлу напоминает просачивание воды, льющейся из-под крана сквозь пористую поролоновую губку.

Этот пример, кстати, позволит понять нам, что такое электрическое сопротивление. Без губки воде, естественно, течь легче. Вот и электронам, как бы они ни были легки и подвижны, не так-то просто «продираться» между значительно более «солидными» атомами. Получается, что электрический ветер «подгоняет» электроны, а они свою энергию вынуждены отдавать атомам «стукаясь» об них.

В этом-то — причина разогревания проводника током. Сравните потерю энергии при

торможении автомобиля **трением** и потерю электрической энергии при «торможении» тока сопротивлением металла. Куда в обоих случаях перешла энергия? Все правильно: и там, и тут — в **тепло.**

КАК В ВОДЕ ВОЗНИКНЕТ ТОК?

А как протекает ток не в металлах, а, к примеру, в жидкостях? Вот интересный опыт, который можно провести на кухне. Присоедините к полюсам плоской **батарейки** два проводника и опустите их в воду, налитую в стеклянную банку, только так, чтобы



они не касались друг друга. Мы получили электрическую цепь, элементом которой стала вода. Потечет ли по ней ток?

Узнать об этом можно, если цепочку «разорвать», то есть где-то отсоединить друг от друга проводочки, и вставить между ними лампочку от карманного фонарика. Если в банке — обычная пресная вода, то лампочка гореть не будет. Иначе говоря, вода в этом случае — **изолятор.**

Но вот потихоньку, щепотками, добавляйте в воду соль. Можно заметить, что лампочка зажигается и постепенно накаливается все ярче. Что же, вода стала **проводником**?

Да, поскольку в ней появились носители заряда. Это уже знакомые нам электроны и протоны, объединившиеся в группы с разноименными знаками. Сухая соль тока не проводит, то есть в ней «плюсы» и «минусы» крепко-накрепко связаны. Однако, попав в воду, соль растворяется, и это приводит к тому, что ее мельчайшие частички-атомы, разведенные молекулами воды, уносят каждая то отрицательный, то положительный заряд.

В воде эти заряженные комбинации частиц, их еще называют ионами, чувствуют себя довольно свободно и немедленно двинутся в путешествие. Отрицательные ионы, само собой разумеется, направятся к проволочке, связанной с положительным полюсом батарейки. Положительные — в другую.

Итак, в воде началось движение электрических зарядов, иными словами, потек **электрический ток.**

ДОЖДЕМСЯ ЛИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ?

Почему важно знать о протекании тока через жидкости? А вам не приходилось видеть, как безуспешно пытается завести двигатель водитель легковой машины? Он отчаянно нажимает стартер, вот-вот двигатель раскрутится, но снова глохнет. И вдруг — ура, завелся! Что же призывает на помощь шофер, пытаясь поначалу раскрутить вал мотора своего автомобиля? Это — **аккумулятор** электрической энергии. Если хотите, его можно считать **батарейкой.** Как от вашего фонарика, только очень большой.

Аккумуляторы безжизненны, пока в них не зальют специальную жидкость. Именно благодаря ей это устройство сперва можно зарядить, перегнав через нее заряды с одной пластины проводника на другую и сделав их тем самым полюсами. И опять же через эту жидкость заряды побегут, когда аккумулятор станет делиться своей энергией, как в приведенном примере. Слышали, как говорят: «батарейка села», «посадили аккумулятор»? «Посадить» — значит израсходовать их энергию.

К сожалению, даже современные аккумуляторы — слишком тяжелые и громоздкие, требуют частой подзарядки. Поэтому машины на электрическом ходу — трамваи, электровозы, троллейбусы, поезда метро — «привязаны» к проводам и рельсам, по которым к ним подают электроэнергию.

Однако человек не потерял надежды изобрести такие накопители электричества, что позволили бы применить их на автомобилях. Уже сегодня существует довольно много разновидностей электромобилей. Они передвигаются автономно, но время от времени все же должны подзарядить свои источники тока — как обычные автомобили заправляются топливом. На длинные путешествия, однако, их



пока еще не хватает. Но, может быть, скоро электромобили все-таки смогут вытеснить из городов чадящие машины с бензиновыми и дизельными двигателями и помочь очистить там воздух?

БЛЕСТЯЩИЙ ОБМАН ЭЛЕКТРОЛИЗА

Как вы думаете, из чего сделаны сверкающие бамперы легковых автомобилей? Неужели целиком — из одного ценного металла? Однако на старых машинах можно обнаружить по краям бамперов тонкие блестящие лепесточки. Они похожи на шелушащуюся от загара кожу, а под ними заметен уже неказистый, недорогой материал. Или, если поковырять отливающую бронзой статуэтку, вдруг выяснится, что внутри — гипс.

Понятно, что во многих случаях хотелось бы нанести на изделие красивое, дорогое или защитное покрытие, но — тонким слоем. Чтобы уменьшить расход дефицитных материалов, прибегают к помощи **электролиза**. Как его провести?

В ванну с раствором необходимого для покрытия вещества опускают концы электрической цепи. Эти концы называют электродами. К одному из них крепят наше изделие, например, статую или металлическую де-

таль. И пропускают через раствор электрический ток. Заряженные частички-ионы, скажем, хрома или никеля, устремляются к изделию и начнут со всех сторон «облеплять» его. Электрические заряды пойдут дальше по цепи или, напротив, придут и «высадятся» на ионах. Но сама массивная частичка металла останется на месте, на поверхности изделия. Так можно, слой за слоем, наращивать толщину наносимого покрытия — **хромировать** или **никелировать.**

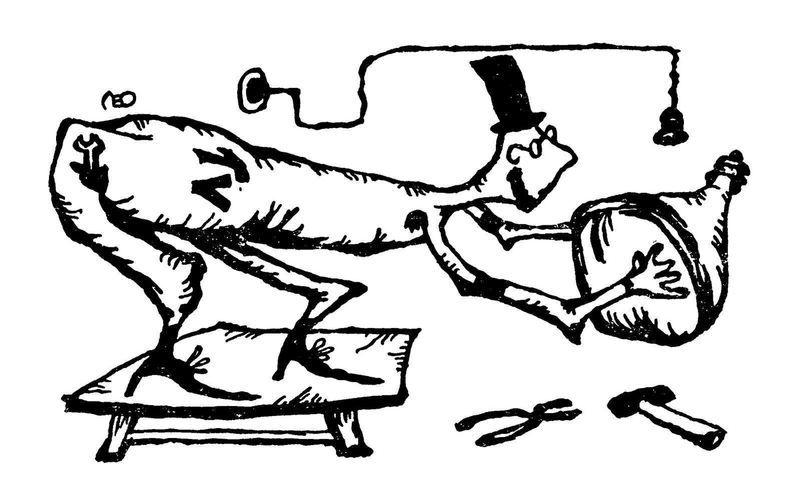
Оказалось, это явление подчиняется строгим законам. Они были открыты знаменитым английским ученым Майклом **Фарадеем** в начале тридцатых годов прошлого века. Зная эти законы, люди научились защищать металлы от коррозии, наносить рисунки на объемные детали, снимать слепки с различных фигур. Очень важное применение электролиза — получение чистых металлов из их растворов или расплавов, а также многих химических соединений, которые иным путем изготавливать не удается.

Посмотрите вокруг себя. Не скрывается ли под тонкой оболочкой многих приборов и украшений какой-нибудь простой и дешевый материал?

ОТКУДА ТОК БЕРЕТСЯ В ПУСТОТЕ?

Возможны ли частицы без заряда? Даже если это мельчайшие частички вещества — **атомы** или **молекулы** — они вполне могут быть незаряженными, нейтральными. А может быть заряд без частички? Оказывается, нет. Нигде мы не обнаружим заряда, «гуляющего», как киплинговская кошка, самого по себе. Всегда он к чему-то «приконопачен» — к **электрону**, к **протону** или к их комбинациям—**ионам**.

Подобный вопрос пришлось обсуждать, когда возникла задача пропустить ток через... **вакуум**. Встала такая задача с развити-



ем радиотехники. Может быть, вам приходилось заглядывать в «нутро» старых радиоприемников или телевизоров. Вы замечали, сколько там разнообразных ламп с хитроумной начинкой? А ведь из них откачан воздух, и все электрические процессы протекают в пустоте. Сегодня ламповые приборы из-за большого потребления энергии и не очень высокой надежности вытеснены более эффективными, полупроводниковыми. Но вот одну большую лампу вы и по сей день встретите как в телевизорах, так и в дисплеях. Это — кинескоп.

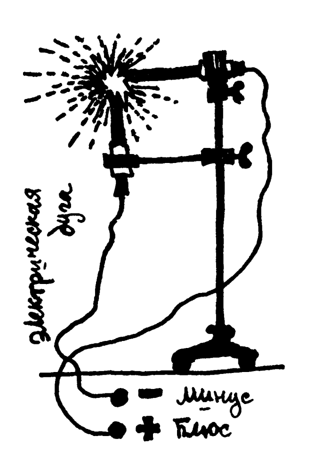
Итак, поскольку внутри этих малых и гигантских ламп нет, можно сказать, ничего, то что же будет переносить там электрический заряд? Так как он «отдельно» от частичек не существует, то ответ напрашивается сам собой. В откачанное от воздуха пространство необходимо «впрыснуть» заряженные частички. Это и делают, нагревая, например, металлы, из которых как бы испаряются **электроны.**

Вот теперь есть чем погонять «электрическому ветру». Подавая, скажем, на кинескоп высокое **напряжение**, можно так манипулировать электронами, что они будут послушно выполнять любые приказы. Да, собственно, вы наблюдаете за этим каждый день, смотря телевизор. Ведь изображение на его экране — не что иное, как результат «бомбардировки» электронным пучком све-

тящегося от его ударов вещества. А уж когда начинается электронная игра на дисплее или вам демонстрируют чудеса компьютерной графики, можно понять, насколько велики возможности **электронного луча**, несущегося в вакууме.

ЧТО РОДНИТ МОЛНИЮ И СВАРОЧНЫЙ АППАРАТ?

Отчего светятся разными цветами рекламные трубки? Почему горят люминисцентные лампы, или, как их еще называют, лампы дневного света? Почему сверкает **молния**? Почему горит **электрическая дуга**, скажем, при сварке? Оказывается, все эти, на первый взгляд, различные примеры свечения объединяет одно — это электрический разряд в газах.



Газы — неплохие изоляторы, так как в «чистом» виде — это нейтральные молекулы. Поэтому, чтобы через газ прошел **электрический ток**, заряды в нем каким-то образом надо создать. Ухищ-



рений для этого придумали много. Можно газ облучать, подогревать, «впрыскивать» в него заряженные частички. Но самый важный процесс при разряде — когда электроны, подгоняемые **напряжением**, смогут так разогнаться, что при ударе о нейтральную молекулу газа выбьют из нее новый электрон.

Что останется тогда от молекулы? По массе она почти ничего не потеряет — электрон слишком легок. А вот если от ее нулевого заряда электрон, оторвавшись, «утащит» с собой отрицательный заряд? Конечно, вы догадались — молекула газа зарядится положительно — и станет ионом.

Вот как газы-**диэлектрики**, выдерживающие высокое напряжение, в какой-то момент



Павел Николаевич Яблочков (1847—1894) — российский электротехник. Исследовал электричество как источник света. Изобрел дуговую лампу — «свечу Яблочкова». Положил начало первой применимой на практике системе электрического освещения. Занимался созданием электрических машин и вопросами получения электричества непосредственно из химической энергии угля.

становятся прекрасными **проводниками.** При протекании по ним электрического тока молекулы газов из-за электронной бомбардировки оказываются способными излучать свет. Это их качество активно используется сейчас в самых разных отраслях науки, техники и быта. Отметим лишь одно изобретение, сыгравшее в дальнейшем огромную роль.

В 1802 году русский ученый В.В.Петров впервые изучил явление, названное им **электрической дугой.** Впоследствии его стали применять при сваривании металлических деталей. Два электрода, подключенные к мощному источнику тока, способны вызвать между собой ослепительное свечение газа. Наверняка вы наблюдали за электросваркой и знаете, что яркость вспышек так велика,

что от нее надо защищать глаза. Сварку с помощью электрического тока изобрели русские инженеры Н.Н.Бенардос и Н.Г.Славянов. И где только теперь она не применяется — от постройки мостов до сварки корпусов автомашин.

В прошлом же веке электрическую дугу «подрядили» освещать улицы. И сегодня одни из самых мощных осветительных приборов — дуговые лампы.

МИНИАТЮРНЫЙ, НАДЕЖНЫЙ? — В КОСМОС!

Вы, конечно, пользовались транзисторными приемниками. Их иногда просто называют «транзистор». Однако это — пусть важная, но только одна деталь приемника, построенного на полупроводниковых элементах.

А что такое **полупроводник**? Это кристаллики твердых веществ, скажем, кремния, обладающих особыми электрическими свойствами. Например, в отличие от металлов, **сопротивление** полупроводников с увеличением температуры уменьшается. На их проводимость может влиять облучение светом. А самое интересное, что мы можем менять их способность проводить электрический ток вкраплением примесей разных химических веществ.

Полупроводники, как подсказывает их название, занимают промежуточное место между **проводниками и изоляторами.** Возможность менять их электрические свойства в широком диапазоне обеспечила им широкое применение в электротехнике, радиоприборах и электронике. Скажем, **фотоэлемент,** способный замыкать и размыкать электрическую цепь под действием света, построен на основе полупроводников. Чувствительный термометр, замечающий ничтожно малые перепады температур — тоже его применение. Соединение различных полупроводников образует диод — прибор, пропускающий ток только в одну сторону. А добавление третьего полупроводника в эту «компанию» позволяет слабыми изменениями тока управлять током большим. Вот это и есть усилитель — транзистор.

Благодаря распространению полупроводниковых элементов стало возможным перейти от громоздких вычислительных машин к миниатюрным, умещающимся порой в объеме записной книжки. Маленькие размеры, большой объем памяти и быстродействие позволяют применять такие ЭВМ на борту космических кораблей.

Еще очень важная область, где полупроводники должны сказать свое весомое слово — солнечная энергетика. Пока устройства, преобразующие солнечный свет в электроэнергию, не очень эффективны и весьма

дороги. Но их уже используют для обеспечения энергией космических комплексов. **Солнечные батареи** размещают, как вы, наверное, видели, на «крыльях»-панелях орбитальных аппаратов. А не так давно смог самостоятельно двигаться первый автомобиль на солнечных батареях.

БЕЗ ПОТЕРЬ ПО ПРОВОДАМ

В механических устройствах, как ни старайся, а совсем избавиться от трения нельзя. Наверное, то же самое и с электрическим сопротивлением? На то оно и сопротивление, чтобы мешать электрическому току течь по проводам, терять энергию и выделять ее в виде тепла. До поры до времени так и считали. Однако оказалось, что природа и здесь подготовила нам сюрприз.

В 1911 году голландский ученый Х.Камерлинг-Оннес обнаружил удивительное явление. При очень низких температурах, близких к **абсолютному нулю**, некоторые металлы резко, скачком, теряют свое сопротивление. Это явление получило название сверхпроводимости. К сожалению, такой «подарок», который обеспечил бы передачу электрической энергии по проводам без потерь, принять людям было трудно. Ведь чтобы создать такие низкие, несуществующие на Земле, темпера-

туры, приходилось, как в холодильнике, энергию затрачивать. Поэтому начались многолетние поиски новых, высокотемпературных сверхпроводников.

Шли десятилетия. Лишь в пятидесятых годах это явление получило теоретическое объяснение. Однако температуру необычного состояния удалось поднять только на пару десятков градусов. Чего только не изобретали исследователи! И вот в 1986 году швейцарским ученым удалось найти такие композиции веществ, в которых сверхпроводимость возникала уже при сотне градусов выше абсолютного нуля.



Это, конечно, еще далековато до наших обычных температур. Тем не менее, достижение сверхпроводимости упростилось. Сейчас ее используют во все более широких масштабах при проведении физических экспериментов. А еще благодаря этому открытию укрепилась надежда, что в скором времени она будет достигнута и при обычных, комнатных температурах. Подумайте, к каким революционным последствиям может привести появление материалов с нулевым электрическим сопротивлением.

КАК ЗАРЯДИТЬСЯ ДАВЛЕНИЕМ?

Какие зажигалки вы знаете? Может быть, кому-нибудь встречались старые — с фитильком, пропитанным бензином. Или новые, газовые, когда колесиком высекают искру, поджигающую струйку вырывающегося сжатого газа. На кухнях, где стоят газовые плиты, пользуются подсоединенными к сети электрическими зажигалками, в которых проскакивает искра, созданная высоким напряжением. А не попадались ли вам зажигалки без всяких проводов, но так же высекающие искры при нажатии на кнопку?

Действительно, откуда в них берется энергия? Если вы разберете такую зажигалку в поисках батарейки или газового баллончика, то ничего подобного не обнаружи-

те. А найдете внутри небольшой кристалл с подсоединенными к нему проводочками. Это — кристалл кварца, который как выяснилось более 100 лет назад, обладает интересными свойствами. При сжатии его с двух сторон на других гранях возникают электрические заряды двух разных знаков, то есть создается электрическое напряжение. Именно его используют в зажигалках для создания искры.

Такое любопытное явление, названное пьезоэлектричеством, стали применять уже во время I мировой войны для обнаружения... подводных лодок. Двигаясь в воде, винт лодки создает попеременные сжатия и



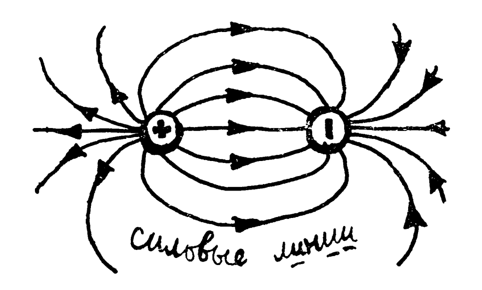
разрежения воды, бегущие от лодки в виде волн. Если на их пути разместить пьезоэлектрический кристалл, то он начнет колебаться под действием переменного давления и его грани станут заряжаться. Возникнет электрический сигнал, который позволит таким образом уловить шум от далекой подводной лодки.



Пьезоэлектрический эффект сегодня широко применяют в микрофонах и телефонах, для создания ультразвуковых волн, обнаружения дефектов внутри металлов и для измерения механических напряжений и вибраций.

ПОЛЕ — СТРЕМИТЕЛЬНЫЙ ГОНЕЦ

Давайте задумаемся над вот каким вопросом. Пусть нам понадобится включить какой-то мощный электрический прибор, доступ к которому затруднен. Ну что ж, для этого мы протянем к нему провода, а кнопку или рубильник разместим в удобном нам месте. Те-



перь одним движением пальца щелкаем кнопкой, замыкаем цепь, и что-то там вдалеке зажглось, завращалось, загрохотало, поехало...

Как вы считаете, когда мы замкнули цепь, заряды от нас сразу помчались к прибору? Моментально добежали до него и вернулись обратно? Закружились по цепи? Да, закружились, но не так скоро, как нам могло показаться.

Оказывается, при включении цепи заряды, переносящие ток, пришли в движение все одновременно. Собственная скорость, с которой они текут, удивительно мала — какие-то доли миллиметра в секунду. Почему же тогда прибор почти мгновенно отреагировал на наше нажатие кнопки и сразу заработал?

А дело в том, что не сами заряды побежали по цепи так быстро, они только передали друг другу сигнал — «пора двигать-

ся!» Вот этот-то сигнал и несется с огромной — триста тысяч километров в секунду — скоростью. Что же это за скорость такая? Ее называют скоростью распространения электрического поля и равна она **скорости света.**

Идея о том, что вокруг электрических зарядов меняются свойства пространства, иными словами, создается электрическое поле, возникло в работах великого английского ученого Майкла **Фарадея.** В дальнейшем она блестяще подтвердилась и легла в фундамент теории **электромагнетизма.**

Вот и в нашем примере зарядам не было нужды мчаться «во весь дух» по цепи. Им было достаточно «шевельнуться» при ее замыкании, а информацию об этом электрическое поле донесло до всех «закоулков» цепи, заставив везде течь ток.

ДАВАЙТЕ ПОРАЗМЫСЛИМ

? *Почему к трубе пылесоса во время работы прилипает пыль?*

? *На какое явление намекает поговорка: «Как соломинка и янтарь»?*

? *Отчего натертый газетой воздушный шар может долго висеть у потолка?*

? *Зачем заземляют бензовозы?*

? Почему провода при коротком замыкании искрят?

? Когда воздух становится проводником электрического тока?

? Отчего справедлива пословица: «Молния ударяет в высокое дерево»?

? Как «законсервировать» электроэнергию?

? Почему нагревается батарейка, если соединить ее полюса?

? Какое действие тока используется в электрическом паяльнике?

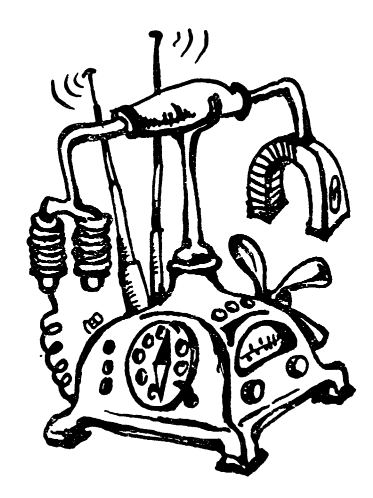
? Отчего нагревается электролампа?

? Будет ли работать в открытом космосе разбитая радиолампа?

МИР МАГНЕТИЗМА



Зачем нужен компас? 254
Как бродят полюса? 256
На севере ли северный полюс? 257
Вести с магнитных полей 258
Как «выглядят» поля? 260
Поле... с катушек сошло 262
Без постоянных магнитов 264
Вихревые парады и бунты 265
Как магнит «переколпаковать»? 267
Может ли моська управлять слоном? 269
Когда запищала «морзянка»? 271
«У меня зазвонил телефон...» 273
Сколько у тока «родителей»? 275
Откуда в генераторе берется ток? 277
Как ток заставляет вращаться мотор? . . . 279
Снизить напряжение? — Пожалуйста! . . . 281
Разогнать и повернуть! 283
Живописец северного неба 285
Двуликий янус электромагнетизма 287
Как заговорило радио? 289
Как настроить приемник? 292
Можно ли «услышать» радиоэхо? 294
Радиоприветы из космоса 296
Живой электромагнетизм 297
Давайте поразмыслим 299



...Сесть на железный круг
И, взяв большой магнит,
Его забросить вверх высоко,
Докуда будет видеть око;
Он за собой железо приманит...

Э.Ростан

Знаете, что описано в этом стихе? Так знаменитый герой Э.Ростана, поэт и фантазер Сирано де Бержерак предлагал полететь... на Луну. Подумайте, кстати, возможно ли подниматься подобным манером.

Нам же сейчас важен лишь один из участников этого «полета» — **магнит.** Знали о нем, как видно, исстари. И **компасы** придумали, и для всяких развлечений и устройств приспосабливали. Да и вы, конечно, баловались с магнитами, заставляя ими «плясать» гвоздики и стальные скрепки.

Но вот когда человек научился управлять «магнитной силой» и даже создавать магниты искусственные, он сумел воплотить в жизнь свои давние и заветные мечты.

Можно ли говорить друг с другом на огромном расстоянии? Бывает ли связь без проводов? Как посмотреть футбол в Америке, сидя на диване в Москве?

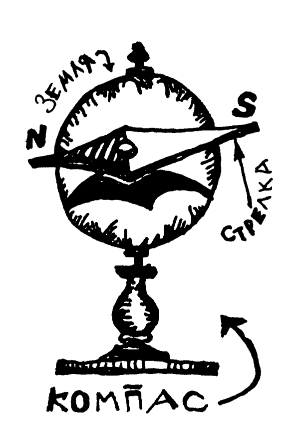
Все это оказалось осуществимо. **Телеграф, телефон, радио, телевидение,** даже трансляции с других планет — разве нам это в диковинку? А начиналось путешествие в огромный и волшебный мир **магнетизма** с наблюдений за маленькой дрожащей стрелкой компаса.

ЗАЧЕМ НУЖЕН КОМПАС?

Самые простые опыты по магнетизму — опыты с **компасом.** Ну-ка, рассмотрите его повнимательнее. Стрелка компаса окрашена двумя цветами: один конец синий или голубой, а другой — красный. Сделана она из кусочка железа и укреплена так, что может свободно вращаться на кончике иглы. Синий ее конец указывает на **север,** красный — на **юг.** С помощью этой стрелки мы можем ориентироваться в сторонах света.

Таким свойством — поворачиваться в пространстве — обладают многие намагниченные предметы. Подвешенный на нитке железный гвоздь, если он был намагничен, также становится «компасом», то есть поворачивается по направлению «север-юг».

Трудно сказать, когда люди обнаружили такое явление и стали его применять. Во всяком случае, еще более 4000 лет назад это открытие было известно китайцам. Через арабских купцов с принципом действия компаса познакомилась и Европа, и в течение XII века он широко распространился по ней.



Со временем компас стали ставить на корабли, брать с собой в путешествия, использовать при составлении географических карт. В сочетании с ориентированием по звездам компас превратился в незаменимое навигационное средство.

Для точных показаний компаса надо следить за тем, чтобы его стрелка не размагничивалась, то есть не помещать его вблизи железных предметов. Так же надо дать стрелке возможность вращаться без трения. Этого вы, кстати, можете добиться тем, что поместите намагниченную стрелку на деревянную планку или кусочек пенопласта, плавающие в воде. Последите, как всякий раз «потревоженный» компас будет возвращаться в одно и то же положение.

КАК БРОДЯТ ПОЛЮСА?

В любой ли точке на поверхности Земли компас дает верные показания? Оказывается, нет. И дело не в самом приборе, а в том, где его используют.

Когда-то в старину скандинавы, плавающие по арктическим морям в районе Гренландии, обнаружили, что кое-где синий конец стрелки указывал почти на запад. С этим расхождением сталкивались все чаще по мере освоения северных территорий. В чем же дело?

Древним народам было невдомек, что северных полюсов — два. Необходимо различать **географические полюса** — условные точки, где как бы проходит **ось** вращения **Земли**, и магнитные. **Северный магнитный**



полюс, так же, как и Южный в Антарктиде, смещен от этой точки на сотни километров. У экватора и в средних широтах такое «раздвоение» незаметно. Но чем ближе к северу, тем больше компас будет нас «обманывать».

Более того, расположение магнитных полюсов относительно географических непостоянно. Хотя и медленно, но эти полюса «дрейфуют», выписывая на земной поверхности замысловатые траектории. Современные исследования намагниченности древних пород показали, что бывали случаи, когда магнитные полюса вообще менялись местами.

Так что, пользуясь компасом, надо умело вносить в его показания поправки. Это и приходится делать полярным морякам, летчикам и ученым.

НА СЕВЕРЕ ЛИ СЕВЕРНЫЙ ПОЛЮС?

А почему магнитная стрелка крутится на поверхности Земли? Ведь если мы поднесем к ней какой-нибудь намагниченный предмет, то можем заставить ее повернуться куда захотим. Значит, в отсутствие поблизости магнитов стрелкой распоряжается Земля? Получается, что она — сама большой магнит?

Отнюдь не все планеты, как это выяснили не так давно исследователи, представляют собой магниты. Скажем, на Венере приборы,

доставленные на нее ракетой, магнетизма не нашли. А вот Земля магнитными свойствами обладает. Она взаимодействует с другими магнитами, к примеру, с компасной стрелкой, так же, как и любые два магнита у нас на столе.

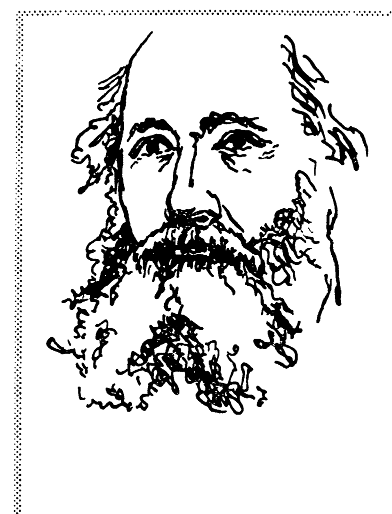
Как же влияют два магнита друг на друга? Давно было замечено, что северный полюс притягивается к южному, а одноименные полюса — отталкиваются. Это можно легко проверить с помощью двух намагниченных стрелок или гвоздей. Не правда ли, похоже на взаимодействие электрических зарядов?

Но если наша планета — большой магнит, то синий северный конец компасной стрелки должен был бы тянуться к южному полюсу Земли! И это — верно. А северным его считают из-за соседства с одноименным географическим полюсом.

С чем связан магнетизм Земли? Это непростой вопрос. По всей видимости, он определяется движением заряженных частиц, переносимых жидким веществом внутри планеты.

ВЕСТИ С МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Не приходилось ли вам задаваться вопросом: а через что передается действие одного магнита на другой? Как, например, Земля заставляет «чувствовать» свой магнетизм стрелку компаса? Что является посредником



Джеймс Максвелл (1831—1879) — английский физик. Один из основателей кинетической теории газов, изучал их диффузию, теплопроводность и внутреннее трение. Самое главное научное достижение — создание теории электромагнитного поля. Считал свет одним из видов электромагнитного излучения, что блестяще подтвердилось, теоретически рассчитал давление света. Оставил свой след во многих областях физики, сконструировал ряд важных приборов.

при передаче этого действия? Конечно, все эти вопросы можно было поставить и для электрических зарядов. Ведь они тоже влияют друг на друга на расстоянии.

Для ответа на подобные вопросы оказалась очень удобной идея **поля.** Ее начал разрабатывать английский ученый Майкл Фарадей. А продолжил — его выдающийся соотечественник Джеймс **Максвелл.** Благодаря его усилиям была создана стройная система представлений, в рамках которой нашло объяснение большинство электрических и магнитных явлений.

Поле невидимо, неслышимо и неосязаемо. Но его можно обнаружить с помощью вносимых в него зарядов и магнитов. Вот, скажем, к наэлектризованной расческе пытается при-

тянуться бумажная ленточка. Можно сказать, что расческу окружает **электрическое поле**, образованное ее зарядами. Попадая в него, заряды на ленточке реагируют на его присутствие и начинают двигаться. Еще пример. Поворот стрелки компаса мы можем истолковать влиянием на нее **магнитного поля Земли** или поля поднесенного к ней железного гвоздя.

Электрическое и магнитное поля наиболее сильны вблизи заряженных или магнитных тел и ослабевают по мере удаления от них. Кстати, идея поля вполне применима к любым взаимодействующим телам. **Притяжение** планет к Солнцу, спутников к планетам и падение яблока на землю вполне можно описать, опираясь на представление о поле тяготения, или **гравитационное поле.**

КАК «ВЫГЛЯДЯТ» ПОЛЯ?

Чтобы сделать понятие поля наглядным, ученым пришло в голову изображать его на картинках — в виде так называемых **силовых линий.** Там, где эти линии расположены гуще, например, у заряженных шариков или у полюсов магнитов, считают, что поле сильнее. А там, где расходятся друг от друга, поле слабеет. Эти картинки люди научились создавать, внося в **электрические** и **магнитные поля** крохотные железные опилки. Элек-

тризуясь или намагничиваясь, такие опилки, как на фотоснимке, «проявляли» картину силовых линий полей.

Скажем, насыпав опилочки вокруг длинного магнита, можно было разглядеть, как силовые линии «выходят» из одного его полюса, «расходятся» веером, «обтекают» его и вновь «собираются» у другого полюса. Интересно, что точно так же, как и опилки, вели бы себя вокруг магнита и маленькие компасные стрелочки. Они тоже «выдали» бы нам картину распределения магнитного поля в пространстве, выстроившись «в затылок» друг к другу вдоль силовых линий. И когда мы определяем направление на север с по-



мощью компаса, мы словно обозначаем в данном месте, как направлено **магнитное поле Земли.**

Благодаря такому методу удалось как бы воочию представить себе сложные конфигурации электрических и магнитных полей. Например, в приборах и экспериментальных установках физиков, вокруг **Солнца** и звезд, в ближайших окрестностях и вдалеке от планет.

ПОЛЕ... С КАТУШЕК СОШЛО

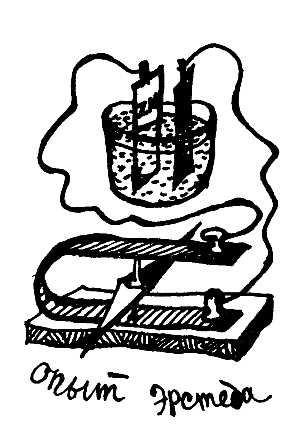
Возможность «нарисовать» магнитное поле позволяет натолкнуться на удивительный факт. Если длинную проволоку скрутить в виде спирали и пропустить по ней постоянный электрический ток, то вокруг такой «катушки» обнаруживается магнитное поле. Поразительным же оказывается то, что это поле снаружи катушки выглядит точно так же, как и поле постоянного длинного магнита. Продемонстрировать это могут насыпанные вокруг обоих приборов железные опилки.

Поразмышляем над результатами опыта. Во-первых, электрический ток породил вокруг себя магнитное поле. Теперь мы можем связывать появление поля с движущимися заряженными частичками. Во-вторых, вид этого поля абсолютно совпал с полем магнит-



Ханс Кристиан Эрстед (1777—1851) — датский физик. Обнаружил действие электрического тока на магнитную стрелку. Это открытие привело к появлению новой области физики — электромагнетизму. Построил первый термоэлемент. Занимался исследованиями свойств жидкостей и газов, акустическими опытами. Одним из первых высказал мысль о свете как об электромагнитном явлении.

ных тел, известных за тысячелетия до того, как человек стал собирать электрические цепи и пропускать по ним токи. Значит, катушка с током — не что иное, как **электромагнит.**

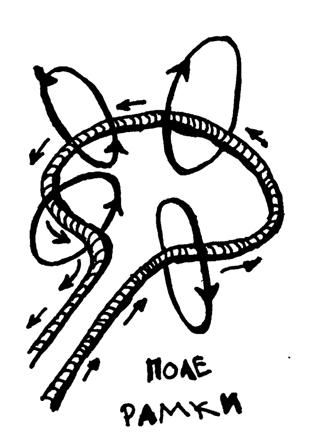


Последствия наших размышлений, которые мы здесь провели вслед за известными учеными, поистине грандиозны. Именно они привели к той революции, что произошла в прошлом веке после блестящих открытий в области электромагнетизма. А началось все с неболь-

шой брошюрки, написанной известным датским ученым **Х.Эрстедом.** В ней он впервые сообщил о действии на магнитную стрелку тока, текущего по проволоке.

БЕЗ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Попробуйте провести такой опыт. Сделайте из толстой проволоки кольцо, а к его незамкнутым концам прикрутите длинные тонкие проводки в изолирующей оболочке. Эти проводки употребляют в телефонных кабелях. Если теперь свободные концы проводка подсоединить к полюсам электрической батареи, а кольцо подвесить за них так, чтобы оно могло вращаться, то мы заметим следующее. Поднося к кольцу, по которому течет **электрический ток, магнит** или стрелку компаса, мы заставим кольцо крутиться, а стрелку — поворачиваться. Ну прямо, как действие друг на друга двух обычных магнитов.



Немудрено, ведь теперь колечко — тоже магнит, хотя и электрический. С его

помощью, как магнитной стрелкой, можно обнаруживать и исследовать другие поля. Или наблюдать его взаимодействие с такими же колечками и катушками с током. То есть при изучении **магнетизма** можно вообще обойтись без постоянных магнитов, а работать только с токами.

Знаменитый французский физик Андре **Ампер** изучал взаимодействие электрических токов и вывел для него свой закон. Он также установил, что параллельные проводники с токами, текущими в одном направлении, притягиваются, а в противоположном — отталкиваются.

Появление магнитного поля вокруг проводников с током показалось Амперу настолько естественным, что он задумался о подобной же природе магнетизма у постоянных магнитов. Его гипотеза о том, что магнетизм, скажем, железного стержня порождается внутри него крохотными вихревыми токами, блестяще подтвердилась спустя много десятков лет.

ВИХРЕВЫЕ ПАРАДЫ И БУНТЫ

Почему тела вокруг нас отличаются по своим магнитным свойствам? Вот из железа получаются хорошие магниты, а из деревяшки, сколько над ней ни бейся, ничего не выйдет. Если следовать предположению **А.Ампе-**

ра о крохотных магнитиках, «сидящих» внутри вещества, то надо бы рассуждать так.

В тех веществах, где эти микроскопические магнитики выстраиваются, как полк солдат на параде, все их **магнитные поля** складываются, усиливаются. Ну как витки проволоки катушки, по которой пропускают ток. Один виток, одно колечко — магнитик слабенький. А вот когда намотали их рядком с несколько десятков, а то и сотен, поле значительно возросло. В других же веществах, как ни старайся «обратить» их в магнитную веру, малюсенькие магнитики выстраиваться не хотят. Смотрят они по разным сторонам, кто «лицом» стоит друг к другу, кто — «спиной»... В общем, полный беспорядок, никакой коллективной ориентации. Все махонькие магнитные поля словно поедают, иначе говоря, — компенсируют друг друга.

Вещества, способные хорошо намагничиваться благодаря совместным четким «действиям» вихревых микротоков, называют **ферромагнетиками.** Это прежде всего железо, некоторые сорта стали, кобальт, никель. А те вещества, внутри которых магнитики расположены **хаотически,** очень слабо откликаются на действие внешних магнитных полей. К ним относятся алюминий, медь, пластмассы, дерево.

Многие металлы, являясь хорошими проводниками, в то же время — весьма скверные магниты. Вот почему, скажем, корпус

корабельного **компаса** можно сделать из бронзы или латуни — влиять на показания стрелки он почти не будет.

КАК МАГНИТ «ПЕРЕКОЛПАКОВАТЬ»?

Каждый из нас может сделать **магнит** у себя дома. Для этого надо взять длинный железный гвоздь или ножницы и положить их вдоль направления, указанного компасом, то есть по линии «север-юг». Понадобится несколько дней, и вот гвоздь станет проявлять магнитные свойства — притягивать стальные скрепки или кнопки.

Но вот проделаем обратный опыт — размагнитим гвоздь. Очевидно, что для этого мы просто перевернем его концы и положим его «южным» полюсом на север. Теперь каждый день будем проверять его «магнитную силу». Окажется, что она со временем ослабевает, в какой-то день гвоздь вообще размагнитится, а затем вновь начнет ее «набирать», но уже поменяв полюса местами.

Этот опыт показывает нам, что приходится затрачивать какие-то внешние усилия для «перестройки» магнита. Внутренние крохотные магнитики вещества необходимо развернуть в обратном направлении. Выполняет эту работу **магнитное поле Земли**. Но, может быть, это поле слабовато?

Если засунуть гвоздь внутрь проволочной катушки с током, то намагнитить и размагнитить его удается гораздо быстрее. Более того, мы может регулировать это время, усиливая или уменьшая магнитное поле катушки с помощью текущего по ней тока. Действительно, было обнаружено, что сила тока прямо влияет на величину возникающего вокруг проводника магнитного поля.

Таким образом, оказалось возможным манипулировать величиной магнитного поля, управляя ими с помощью тока, то есть получить переменный по силе магнит.

Можно повлиять на магнитное поле вещества и другим способом. Если нагреть, например, тот же железный гвоздь до несколь-





Петр Леонидович Капица (1894—1984) — российский физик, ученик Резерфорда. Один из основателей физики сильных магнитных полей. Получив рекордные значения поля, изучал его влияние на физические свойства веществ. Признанный авторитет в физике низких температур. Разработал технику получения жидких газов, открыл явление сверхтекучести. Занимался электроникой больших мощностей, выдвинул гипотезу о природе шаровой молнии.

ких сот градусов, то его магнитные свойства исчезнут. При высокой температуре интенсивное тепловое движение атомов не позволит микроскопическим внутренним магнитикам выстраиваться по порядку, усиливая друг друга.

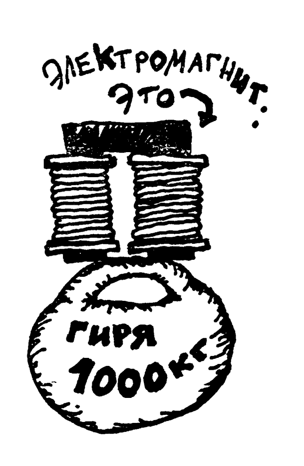
МОЖЕТ ЛИ МОСЬКА УПРАВЛЯТЬ СЛОНОМ?

Не прошло и двухсот лет, как у человека появилось в руках многообещающее изобретение — **электромагнит.** Возможность одним нажатием на выключатель пустить ток по цепи, в которую включена проволочная катуш-



ка, «оживить» в ней магнитное поле, сделать его побольше или поменьше, а затем и вовсе выключить — была очень соблазнительной. Когда же в катушку вставляли железный стержень, ее магнитные свойства многократно возрастали.

Не приходилось ли вам наблюдать, как огромные стальные детали легко подхватывал, «прилепляя» к себе, а затем переносил подъемный кран без всяких крюков? Такие краны сейчас широко применяются на металлургических заводах и грузовых дворах. А ведь это — просто мощный электромагнит. Смотрите, как удобно: включил ток — притянул груз, выключил — отвалился.



Ну разве не могла в связи с этим придти в голову еще одна заманчивая идея? Включая или выключая ток, мы можем «включать» или «выключать» магнит. Тот, в свою очередь, притягивает или отпускает железный контакт, способный замкнуть или разомкнуть уже другую электрическую цепочку. То есть маленьким током можно приводить в действие цепи, состоящие из мощных потребителей электроэнергии. Это называется реле.

Способность электромагнитов замыкать и размыкать электрические цепочки нашла применение в электрических звонках, дистанционных переключателях, защитных системах и в самых разных электротехнических средствах управления и связи.

КОГДА ЗАПИЩАЛА «МОРЗЯНКА»?

Давно мечтал человек, чтобы какое-нибудь важное его сообщение было как можно быстрее доставлено адресату. Когда-то эту роль выполняли пешие гонцы, затем пись-

менные послания передавали всадники. Появилась почта — целая система разветвленной связи, где скорость передачи сообщений определялась возможностями транспорта. Но мысль об ускорении этой связи не давала покоя.

Если вы читали роман А.Дюма «Граф Монте-Кристо», то, возможно, обратили в нем внимание на **механический телеграф.** В чем-то по принципу своего действия он похож на передачу сигналов флажками с корабля на корабль. Это как разговор глухонемых. Такие способы действуют лишь в пределах прямой видимости. Как же передавать сигналы быстро и на большое расстояние?

Применение электромагнита произвело в средствах связи настоящую революцию. В тридцатых годах прошлого века был придуман первый **телеграфный аппарат.** Американский изобретатель С.Морзе создал своеобразную азбуку, названную его именем. Теперь телеграфист, нажимая на ключ, замыкал и размыкал электрическую цепь, на конце которой приводился в действие **электромагнит.** К включенному магниту притягивался рычаг, своим концом ударяющий по движущейся бумажной ленте. В зависимости от длительности сигнала на ленте выстукивались короткие и длинные черточки-точки и тире. Комбинации этих знаков представляли собой буквы и знаки препинания. Значит, стало возможным передавать по проводам

тексты с невероятно большой скоростью — с какой бежит по ним электрический сигнал — и на сколь угодно большие расстояния. Ну, на сколько проводов хватит.

Телеграфная связь, словно паутина, оплела всю Землю. Миллионы километров проводов были подвешены на столбах или проложены под землей, по дну рек и даже океанов — между континентами.

«У МЕНЯ ЗАЗВОНИЛ ТЕЛЕФОН...»

А можно ли передать на расстояние голос? Давайте подумаем, ведь в **телеграфном аппарате** электрический сигнал возникает под давлением пальца на ключ. А нельзя ли давлением голоса производить такие замыкания или размыкания цепи? Чтобы реализовать эту идею, понадобилось пройти от изобретения **телеграфа** целым сорока годам.

Телефон, а именно так стал называться новый аппарат, в принципе представляет собой небольшой преобразователь энергии нашего голоса в электрическую и обратно. Когда мы говорим, вибрируют наши голосовые связки. Эта вибрация передается через воздух и улавливается металлическим диском-мембраной в **микрофоне**. Мембрана, колеблясь под влиянием голоса, давит на проводящий порошок под ней и меняет его электрическое сопротивление. Значит, в проводах,

подключенных к порошку, электрический ток станет меняться в такт с колебаниями голоса. Если на конце линии установить электромагнит, то проходящий через него меняющийся ток заставит «пульсировать» в нем магнитное поле. Укрепленная рядом стальная мембранка так же «запляшет», подчиняясь магниту, и начнет издавать звуки, воспроизводящие наш голос.

Первая передача фразы, прозвучавшей по настоящему **телефону**, произошла почти 120 лет назад. Это удалось сделать американскому изобретателю А.Беллу. Неузнаваемо изменился с тех пор вид телефонного аппарата и



вся система телефонной связи. Согласитесь, что теперь без телефона просто невозможно представить нашу жизнь.

СКОЛЬКО У ТОКА «РОДИТЕЛЕЙ»?

Как вы думаете, может ли летящий самолет стать источником тока? Мы не имеем в виду никакое электрооборудование, находящееся у него внутри, а только его корпус. Так вот, оказывается, что и самолет, и любой кусочек проволочки становятся как бы батарейкой, полюса которой образуются на их концах, при движении в магнитном поле.

Дело в том, что заряженные частички, находящиеся внутри вещества, испытывают при своем движении силу со стороны магнитного поля. Эта сила направлена поперек их скорости, она-то и разгоняет, разводит заряды по концам проводника. В таком магнитном поле, как поле Земли, этот эффект малозаметен. Но если создать поля посильнее, они вызовут значительное электрическое **напряжение** в движущемся проводнике.

Выяснилось, что подобное напряжение и, конечно, подгоняемый им электрический ток «возбуждаются» при любых переменах магнитного поля, пересекающего своими линиями замкнутые проводники. Например, если вдвигать полосовой **магнит** в подвешенное на нити металлическое кольцо, то можно заметить, как оно отталкивается от



Майкл Фарадей (1791—1867) — английский физик. Автор множества выдающихся открытий. Создал первую лабораторную модель электродвигателя, открыл явление электромагнитной индукции и установил его законы, сформулировал законы электролиза. Ввел новые физические понятия, главными из которых является понятие поля, описываемого электрическими и магнитными силовыми линиями. Доказал на опыте закон сохранения электрического заряда, был близок к открытию закона сохранения энергии.

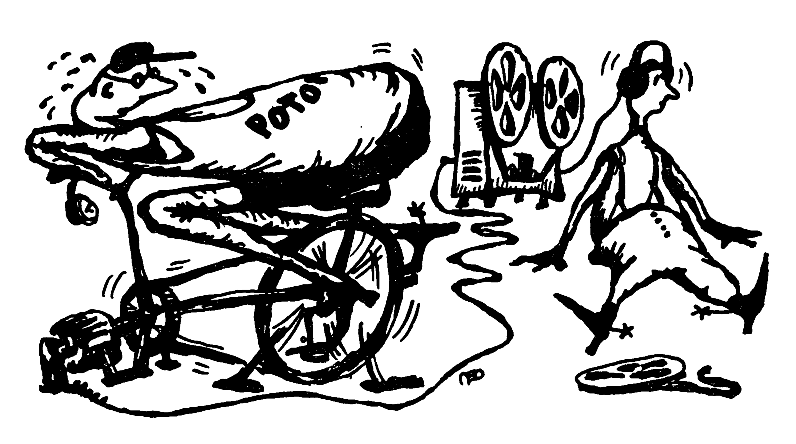
магнита. Объясняется это тем, что при перемещении магнита в кольце возникает электрический ток, а это, как известно, делает само кольцо небольшим магнитиком. Вот два магнита — постоянный и кольцевой — стали взаимодействовать.

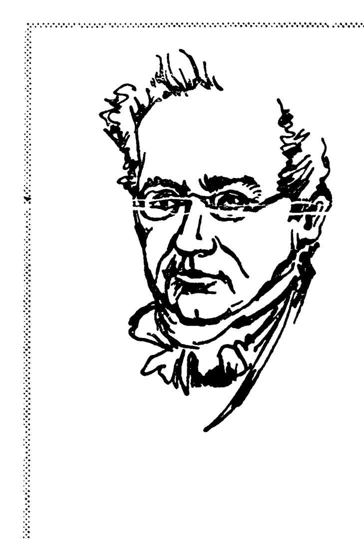
Явление, которое мы описали, называется **электромагнитной индукцией.** Открыто оно было в 1831 году **М.Фарадеем.** Чтобы легко его запомнить, сформулируем его так: изменяющееся магнитное поле порождает электрический ток.

ОТКУДА В ГЕНЕРАТОРЕ БЕРЕТСЯ ТОК?

Как-то провели такой опыт. Сперва отпускали полосовой магнит, и он падал, проходя сквозь проволочную катушку с разомкнутыми концами. Во втором случае магнит пролетал сквозь ту же катушку, но теперь ее концы уже соединили. Оказалось, что первый раз магнит летит быстрее, словно во втором опыте его что-то притормаживало. Отчего так произошло?

Объяснение крылось в явлении **электромагнитной индукции**. Пролетая сквозь ка-





Эмилий Христианович Ленц (1804—1865) — российский физик. Научную известность получил благодаря исследованиям электромагнетизма. Подробно разработал явление электромагнитной индукции, установил закон теплового действия электрического тока. Конструировал электрические машины, открыв их обратимость, рассчитывал электромагниты, изучал зависимость сопротивления металлов от температуры.

тушку, магнит как бы протаскивает через нее свое магнитное поле. Входит — поле нарастает, выскакивает вниз — поле убывает. Такие перемены магнитного поля должны вызвать в катушке ток. Но пока она разомкнута, течь ему некуда. А вот когда ее концы замкнули, «возбудившийся» в катушке ток, как ему и положено, немного нагрел проволоку. Откуда взялась для этого энергия? Теперь нетрудно догадаться — ее «позаимствовали» у падающего магнита. Потому-то его и притормаживало.

Никаких видимых сил в этом опыте на магнит не действовало. Однако они вполне реальны, словно магнитное «трение». Давайте подумаем вместе, а нельзя ли подо-

бным образом отбирать от движущихся тел их механическую энергию и переводить ее в электрическую? Эта мысль, конечно, покрутившись не один год и не в одной голове, привела к созданию генератора электрического тока.

Для этого, правда, пришлось вращать в магнитном поле проволочные рамки. Либо наоборот, внутри рамок крутить магнит. В обоих случаях на концах рамок возникало переменное электрическое **напряжение,** то есть получался **источник тока.** К концу прошлого века такие генераторы начали широко внедряться в технику. Теперь же они — основные устройства, производящие электроэнергию на гидро-, тепло- и атомных станциях.

КАК ТОК ЗАСТАВЛЯЕТ ВРАЩАТЬСЯ МОТОР?

Можно ли перевести электрический ток в какое-то механическое движение? Ведь если вращать проволочную рамку в **магнитном поле,** по ней потечет ток. А что, если наоборот, — нам самим «запустить» ток по рамке? Не начнет ли тогда она вращаться? Как же это похоже на опыт, когда через подвешенное кольцо пропускали ток и оно само становилось магнитом. Так же и рамка — лишь по-

бегут по ней заряды, она словно окружает себя магнитным полем и начинает взаимодействовать с магнитом, внутри которого находится. То есть — крутиться.

Теперь поломайте голову, где в вашем доме вы смогли бы сейчас же понаблюдать за действием подобных устройств? Вспомнили? Ну, разумеется, это — все **электромоторы.** Они вращают нам стиральную машину, приводят в действие пылесос, кофемолку, дрель, фен для сушки волос, миксер, электромясорубку, электробритву, холодильник... А уж коли мы выглянем в окно либо дойдем до стройки или завода, то пальцев не хватит, чтобы пересчитать все попавшие на глаза электродвигатели.

Этот тип двигателя обладает несомненными преимуществами перед, скажем, тепловыми. Он не «воняет», в него не нужно непрерывно подавать топливо, лишь бы была возможность подключиться к электрической сети.

С такими моторчиками вам наверняка приходилось иметь дело с детства, если вы любили играть с машинками на электрическом ходу. А уж тем, кто завел дома детскую железную дорогу — и подавно. В ней все паровозики, электровозики, мотовозики работают с помощью миниатюрных электромоторов.

СНИЗИТЬ НАПРЯЖЕНИЕ? — ПОЖАЛУЙСТА!

Вы не обращали внимания на небольшие домики, стоящие в каждом микрорайоне города, в которых что-то гудит? На дверях этих домиков странные надписи — «Тр-р №1» и «Тр-р №2». Что это за «тыры-пыры»? Расшифровывается загадочное обозначение как **«трансформатор»**. А-а, скажете вы, это уже что-то знакомое. И, может быть, вспомните домашние трансформаторы, через которые подключают к сети старые электроприборы, например, холодильники «ЗИЛ». Для чего же нужны эти устройства?

Чтобы передать электроэнергию от «производителя», скажем, гидростанции, к «потребителю», то есть в наши дома и на предприятия, нужно протянуть провода. Хорошо бы в них по пути терялось как можно меньше энергии! Выяснилось, что если вести ее передачу при **постоянном токе** (как от батарейки или аккумулятора), то потерь — больше. А при **переменном токе**, который вырабатывает генератор — меньше. Только напряжение должно быть очень большим. Вот трансформаторы и служат для того, чтобы переводить низкое напряжение генератора в высокое. Наверное, вы слышали, как говорят: **высоковольтная линия.**

Пройдя порой тысячи километров, ток высокого напряжения затем «требует», чтобы



Дмитрий Александрович Лачинов (1842—1902) — российский физик и электротехник. Проводил исследования в области электромагнетизма и оптики. Показал возможность передачи электроэнергии на большие расстояния по проводам. Установил, что увеличение напряжения приводит к уменьшению потерь. Выяснил преимущество параллельного соединения ламп. Автор ряда важных технических изобретений.

его снизили. К примеру, до нашего комнатного напряжения 220 вольт. И тут вновь вступают в дело трансформаторы, понижая ступенями, словно шлюзы, высокое напряжение до нужного нам.

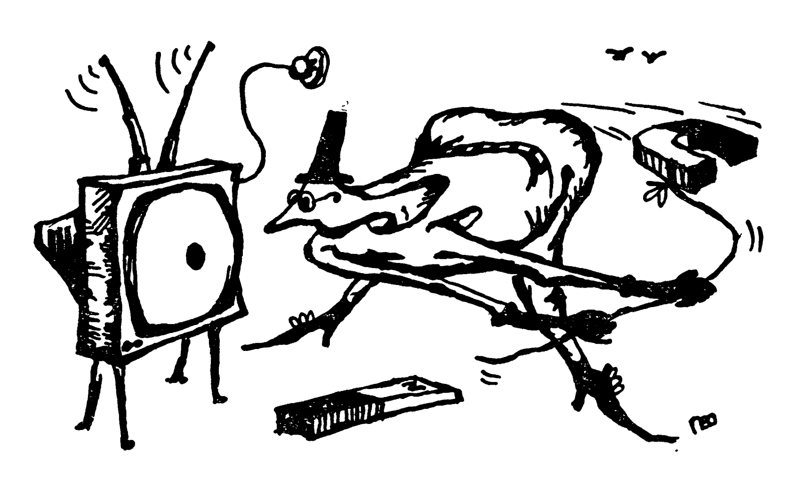
Принцип действия этого прибора прост. На одну проволочную катушку подают, скажем, высокое напряжение. Переменный ток, пульсируя по катушке, создает вокруг себя переменное магнитное поле. Вторая катушка, в которой меньше витков, соберет с этого поля меньший «урожай» и на ее концах возникнет более низкое напряжение. Так работает понижающий трансформатор, а повышающий — наоборот.

Наверное, понятно, что это устройство годится лишь для переменного тока. При по-

стоянном токе электромагнитной индукции не возникает, трансформатор работать не будет и может даже перегореть.

РАЗОГНАТЬ И ПОВЕРНУТЬ!

Как электронный луч в кинескопе нашего телевизора **«рисует»** по экрану? Возможно, вы замечали, что при выключении телевизора какое-то время в середине экрана светится пятнышко. Это подсказывает нам, что разогнанные в горловине кинескопа электроны





Хендрик Лоренц (1853—1928) — голландский физик-теоретик. Создал классическую электронную теорию как теорию различных свойств вещества и электромагнитных явлений. Ввел силу, действующую на движущуюся заряженную частицу в электрическом и магнитном полях. Своими расчетами подготовил переход к идеям теории относительности и квантовой механики.

«бегут» ровно по прямой. Что же загибает их траекторию и заставляет попадать в самые разные точки экрана?

На заряженные частички, попавшие в электрическое поле, действует — движутся они или нет — электрическая же сила. А вот со стороны магнитного поля на покоящуюся частицу не действует ничего. И лишь только в движении она «почувствует», что ее начинает сносить... Таким хитрым образом проявляет себя магнитная сила.

Это заворачивающее частицу действие сумели «приручить» и использовать в самых разных приборах. Вот в нашем примере с телевизором **электронным лучиком** во многих случаях управляет именно магнитная сила.

Для разделения мало различающихся по массе атомов-родственников применяют так

называемые масс-спектрографы. В них заряженные атомы сперва разгоняют электрическим полем, а затем поворачивают — магнитным. Различные по массе частички описывают в поле дуги разных размеров. Это и позволяет отличить их следы на пластинках, которые они потом «засвечивают».



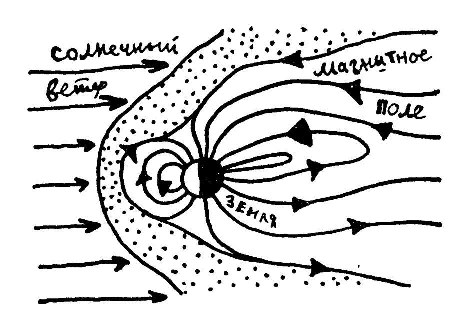
Принцип разгона и поворота заряженных частиц с помощью полей лег в основу **ускорителей** — одних из самых сложных современных установок, предназначенных для изучения структуры вещества.

ЖИВОПИСЕЦ СЕВЕРНОГО НЕБА

Как красивы полярные сияния! Разве не интересно, какой художник рисует в северном небе эти картины? Может быть, ответ покажется скучным, но это — **магнитное поле Земли** и прилетевшие к нам из космоса заряженные частички.

Хотя Земля — большой магнит, поле вокруг нее выглядит не так, как поле просто намагниченного шара. Если изобразить его с помощью силовых магнитных линий, то они окажутся как бы скособоченными. Со стороны **Солнца** поле словно бы приплюснуто, а с противоположной — необыкновенно сильно вытянуто. Искажает стройную картину линий собственного магнитного поля Земли так называемый солнечный ветер. Это — поток заряженных частиц, испускаемых во все стороны Солнцем.

Тем не менее у полюсов Земли магнитное поле сильнее, чем в других областях. И когда заряженные частицы, захваченные магнитным полем, начинают «крутиться» вокруг его линий, их постепенно сносит в зону силь-



ного поля — к полюсам. Там эти частицы достигают таких скоростей, что, бомбардируя воздух в верхних слоях атмосферы, заставляют его светиться. Этот переливающийся разными красками свет и назвали **полярным сиянием.**

Поток вещества от Солнца непостоянен. Бывают годы активного Солнца, бывают и частые нерегулярные вспышки. Земная магнитосфера реагирует на них, и в ней возникают **магнитные бури.**

Растет интенсивность полярных сияний, перемены в магнитном поле Земли отмечают приборы и, как теперь мы знаем, к ним весьма чувствительны люди. Поэтому наряду с обычными сводками погоды нам сообщают о «неблагополучных» магнитных днях.

ДВУЛИКИЙ ЯНУС ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА

Несмотря на изобретение **телеграфа** и **телефона**, человеку трудно было отказаться от мысли о беспроводной связи. Ну, подумайте, зачем тратить столько металла для проводов и дерева для столбов? Зачем прорубать для линий связи просеки в лесах или выкапывать для прокладки кабелей горы земли? Насколько было бы удобнее испускать в каком-то месте сигнал, который несся бы без всяких посредников в пространстве, а затем прини-



Генрих Герц (1857—1894) — немецкий физик. Экспериментально доказал существование электромагнитных волн, предсказанных Максвеллом. Установил, что скорость их распространения равна скорости света, считал возможным их передачу на расстояние. Доработал теорию Максвелла об электромагнетизме. Наблюдал явление фотоэффекта.

мать его там, где нам нужно. И вот к целой серии открытий в области электромагнетизма, сделанных во второй половине прошлого века, добавилось еще одно.

Сперва было предсказано существование электромагнитных волн. Это было сделано англичанином **Дж.Максвеллом.** Вкратце идея заключалась в том, что не только электрическое поле, как в катушке с током, может создавать магнитное. Но и переменное магнитное поле способно порождать электрическое, как в опыте с магнитом, падающим сквозь катушку. Получается, что существует как бы одно — электромагнитное — поле, которое предстает перед нами то в виде только магнитного, то — электрического. На самом же деле это всего две

его стороны, два его «лица», неразрывно связанные друг с другом.

И вот если создать условия, когда быстро меняется одно из этих полей, тут же рядышком так же быстро начинает меняться другое. Эта эстафета переменных полей захватывает одну за другой области пространства с самой большой в мире скоростью — со **скоростью света.** Иначе говорят, что побежала электромагнитная волна.

Предсказание **Дж.Максвелла** было подтверждено в 1888 году знаменитым немецким физиком Генрихом **Герцем.** В своих опытах он доказал, что такие волны действительно существуют.

КАК ЗАГОВОРИЛО РАДИО?

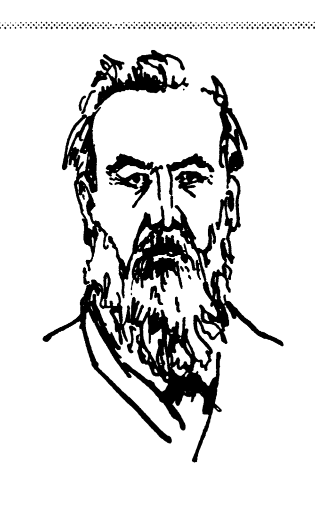
Электромагнитная волна — это передача сгусточков электрической и магнитной энергии через пространство. Она может распространяться в воздухе, в металле, а самое главное — в пустоте, в **вакууме.** И если ее испускать как бы порциями, импульсами, то большей, то меньшей величины, не выйдет ли так, что тем самым мы передадим информацию?

После обнаружения Г.Герцем таких волн прошло всего несколько лет, как их «впрягли» в работу по передаче сигналов. Русский ученый **А.С.Попов** и итальянский радиотех-



Гульельмо Маркони (1874—1937) — итальянский физик и инженер. Один из создателей радио. Разработал приборы беспроволочного телеграфа. Осуществил радиосвязь через Атлантический океан. Способствовал широкому распространению радио как средства связи.

ник **Г.Маркони** сумели изобрести устройство, способное излучать электромагнитные волны. Одного такого устройства было мало, нужен еще их **приемник.** Когда появились оба



Александр Степанович Попов (1859—1906) — российский физик и электротехник. Повторил опыты Герца по получению электромагнитных волн, создал приборы для передачи и приема их на расстояние, то есть радио. Обнаружил отражение волн от предметов, что было положено в основу радиолокации. Провел серию экспериментов по радиотелеграфии, в том числе для спасательных целей.

этих прибора, стало возможным волны «передавать». С 1895 года человечество пользуется этим величайшим изобретением — **радио**.

Принцип действия излучателя состоит в том, что нужно заставить очень быстро «бегать» заряд на одном месте, то есть привести его в колебание. Такое движение заряда — условие испускания электромагнитной волны. **Антенны** радио- и телепередатчиков улучшают излучение волн. Вы же знаете, как высоко стараются их разместить, скажем, на такой башне, как останкинская.

Пройдя огромные расстояния, волна попадает на приемную антенну. Заряды в той начинают также колебаться, и дальше вся задача приемника состоит в том, чтобы эти



сигналы расшифровать. Их, как в **азбуке Морзе**, можно перевести в звуковые колебания — и мы услышим музыку и речь. Их можно сделать видимыми — и мы станем смотреть телевизор.

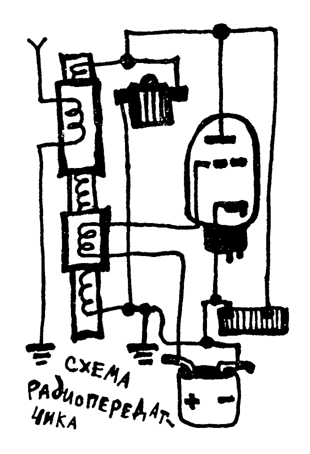
КАК НАСТРОИТЬ ПРИЕМНИК?

Зачем мы крутим ручку настройки радиоприемника? Ясное дело, ответите вы, — хотим поймать ту или иную радиостанцию. А как это происходит?

Сейчас на нашей планете вещают тысячи радиостанций. Возможно, вы слышали, как иногда накладываются друг на друга их голоса в приемнике. Чтобы избавиться от неразберихи в эфире, каждой станции «выделяют» свою **частоту**. Это не что иное, как быстрота колебаний зарядов в испускающей антенне. Но ведь на нашу, приемную антенну приходят сразу все волны, со всеми частотами, от всех станций! Почему же мы все-таки не слышим одновременно дикой какофонии звуков всей этой разноязыкой многоголосицы?

«Поковырявшись» в радиоприемнике, в нем всегда можно обнаружить самую главную его часть. Это проволочная катушка и электрический **конденсатор.** Они образуют так называемый колебательный контур. Удивительно, что в нем могут происходить колебания электрического **заряда, тока** и **напря-**

жения точь-в-точь так же, как шарика на пружинке, **маятника** часов или качелей.



Вот «подкручивая» катушку или конденсатор, мы можем менять **частоту** колебаний заряда в контуре. И лишь когда «внутренняя» частота совпадет с частотой прибежавшей к нам, например, из Америки, волны, приемник заговорит на языке этой радиостанции. Все другие голоса он в это время «не слышит», его «раскачивает» лишь одна волна.

В **телевизоре** внешне дело обстоит немного по-иному. Там мы вращаем переключатель либо нажимаем на кнопку с номером нужного нам канала. То есть настройка идет как бы скачками. Однако есть возможность и плавно, подобно радио, подстроиться под передающую станцию, чтобы качество изображения и звука было наилучшим.

МОЖНО ЛИ «УСЛЫШАТЬ» РАДИОЭХО?

Не случалось ли вам проезжать на легковой машине, в которой включено радио, под мостом? Наверняка тогда вы слышали, как в приемнике раздается треск. Еще говорят, что в приемнике возникли **помехи.** Откуда они взялись?

Если мост металлический или железобетонный, то дело в том, что он создал препятствие для **радиоволны,** бегущей к **антенне** приемника. Это свойство металлов отражать электромагнитные волны нашло применение в радиолокации и в связи через спутники.



Радиолокатор посылает волновой импульс, распространяющийся в определенном направлении. Если на пути этого импульса встретится самолет, то его металлический корпус отразит сигнал. Теперь локатор играет уже роль приемника. И хотя импульс ослабевает с расстоянием, мощности начального импульса бывает достаточно, чтобы уловить его и после отражения.

Принимаемые сигналы выводятся на экран в виде светящихся точек. Радиолокаторы сейчас используют не только в военных целях — для обнаружения противника. Ими оснащены аэродромы, их ставят на самолеты и корабли, чтобы летчики и капитаны могли ориентироваться и в темноте, и в плохую погоду.

В **спутниках связи** используют не только свойство отражения волн. На них еще и усиливают теле- и радиосигналы и переправляют их на Землю. С помощью таких спутников можно значительно расширить территорию вещания и даже вести передачи на другую сторону планеты.

Некоторые радиоволны способны отражаться и возвращаться на Землю без всяких спутников. Дело в том, что в **атмосфере** на большой высоте расположен слой заряженных частиц, который играет роль отражателя, — **ионосфера**. Благодаря ему уже давно появилась возможность передавать сообщения «за край земли». Первая радиопередача

через Атлантический океан состоялась в 1901 году.

Сегодня радиолокацию применяют даже в астрономии. С ее помощью уточнили расстояния до наших планет-соседок и выявили особенности их движения.

РАДИОПРИВЕТЫ ИЗ КОСМОСА

Всю свою долгую историю человечество наблюдало за небом только глазами, даже если их чем-то и вооружало. И лишь открытие **электромагнитных волн** раздвинуло диапазон нашего восприятия космоса. Прежде всего люди научились улавливать идущие отовсюду на Землю **радиосигналы.** Уже в тридцатые годы этого столетия было открыто радиоизлучение нашей галактики. Возник целый раздел астрономии, изучающий небо с помощью невидимых лучей. Его так и назвали — **радиоастрономия.**

Вы, наверное, слышали о больших оптических телескопах. Их «глаза» стремятся раскрыть как можно шире, чтобы уловить слабое свечение далеких галактик и звезд. Если же считать, что радиотелескопы «подслушивают» жизнь Вселенной в диапазоне радиоволн, то их «уши» следует тоже «растопырить» пошире. Выяснилось, что можно создавать не только отдельные гигантские радиотелескопы, но и целые их системы. Тогда

их нужно расставлять по большой территории, а то и размещать на разных континентах. Чем больше охватываемая ими площадь, тем чутче такое «радиоухо».

Чувствительность новых приборов оказалась настолько большой, что они уловили поразительные сигналы. Например, о бурных взрывных процессах в невидимых нами галактиках. Им удалось «поймать» излучение холодного межзвездного газа и необыкновенных образований — нейтронных звезд. Эти звезды состоят из мельчайших незаряженных частичек — нейтронов, сжатых вместе чудовищным давлением. Радиоастрономия позволила открыть так называемое реликтовое излучение Вселенной. Оно донесло до нас сведения о состоянии вещества, каким оно было около 15 миллиардов лет назад.

ЖИВОЙ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

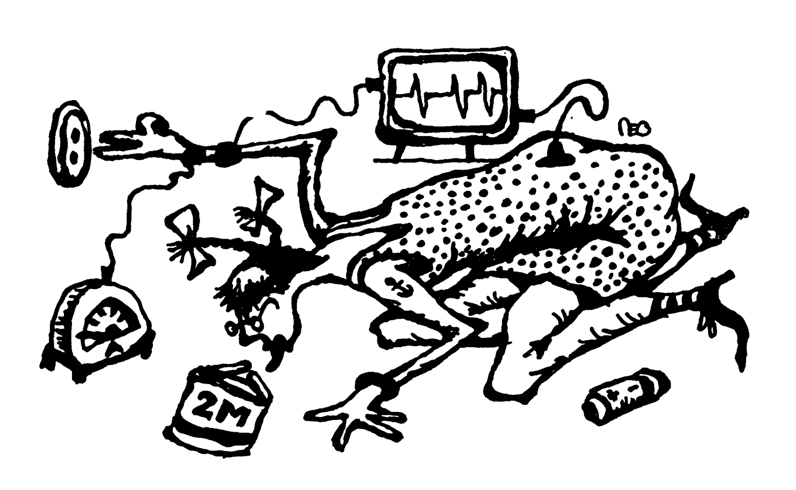
Как **электричество и магнетизм** влияют на человека? Если мы состоим из тех же частичек, из которых построена вся материя вокруг, то мы должны признать: в нас тоже протекают электромагнитные процессы.

Ну, скажем, когда вы задели что-нибудь локтем, рука на время как бы немеет. Или нас «дергает», «бьет» электрический ток, если мы случайно коснулись оголенных проводов. Или становится кисло во рту, когда вы лизнули языком полюса электрической бата-

рейки. Или магнитный браслет, рекомендуемый врачом, помог кому-то «от давления».

А ведь все это — свидетельства каких-то наших электрических или магнитных реакций. Значит, человек, как и животные, и растения, — все живое — подвержен воздействию электромагнетизма. Оно может быть и пагубным, и благотворным. Медики и ученые давно исследуют возможности ослабить первое и усилить второе.

В клиниках на вооружение взяты способы диагностики различных заболеваний с помощью электроизмерительной аппаратуры. А теперь вспомните названия процедур, назначаемых в физиотерапевтическом кабинете:



УВЧ — ультравысокие частоты, электрофорез, электромассаж... Или обратите внимание на состав лечебной минеральной воды — его иногда пишут на этикетках. Зачем там указаны всякие катионы и анионы? А ведь это — заряженные частички, активно влияющие на процессы пищеварения.

Конечно, это лишь небольшой перечень электромагнитных воздействий на нас. Добавьте к нему магнитное поле Земли, несущиеся от Солнца волны и частицы, достигающее нас космическое излучение. И вам станет ясно, в каком переплетении электромагнитных полей мы живем и насколько важно знать их особые свойства.

ДАВАЙТЕ ПОРАЗМЫСЛИМ

? *В каком месте Земли компас указывает только на юг?*

? *О каком явлении идет речь в поговорке: «как магнит с иглой»?*

? *Почему несколько подвешенных на нитях иголок расходятся друг от друга при поднесении к магниту?*

? *Как вытащить стальную скрепку со дна заполненного водой стакана, ничего в него не опуская?*

? На ниточке подвесили дугообразный магнит, а под ним стали вращать железный диск. Почему магнит также пришел во вращение?

? Можно ли получить отдельно северный и южный полюса магнита, разрезав его пополам?

? Отчего стрелка компаса поворачивается к нижней части железной дверной ручки одним концом, а к верхней — другим?

? Какие силы вращают электромотор?

? Зачем нужна антенна?

? Как радиоволны достигают обратной стороны Земли?

? Почему радиолокатор работает импульсами?

? Какое наблюдаемое на Севере явление описано в пословице: «Сполох красиво играет, да не греет»?

МИР ЗВУКА



Как создать звук? 304
Звук «выдают» волны 307
То вдоль, то — поперек 308
Чей слух острее? 310
Что такое звуковой диапазон? 312
Инфразвук — предвестник беды 314
Ультразвук «щупает» дно 315
Как говорят дельфины? 317
Ультразвуки — мастера на все руки 319
«Ау, кашалот, откликнись!» 320
Как «услышать» подземные бури? 321
Куда исчезает звук? 323
«Беруши» — берегите уши! 325
Звуки ладные и неладные 327
Звуки выстраиваются по нотам 328
Как войти в резонанс? 330
Пиано и форте 333
Что такое полоса частот? 335
Как «законсервировать» звук? 336
Зачем человеку два уха? 339
Как услышать невидимое? 340
Игры с небесной хлопушкой 342
«То как зверь она завоет...» 343
Давайте поразмыслим 345



Никто его не видывал,
А слышать — всякий слыхивал,
Без тела, а живет оно,
Без языка — кричит.

Н.А.Некрасов

«А-у!» — кричим мы, заблудившись в лесу. «Что надрываешься?» — отвечает нам эхо. Не может такого быть, скажете вы. А почему? Вот вам и первый вопрос о **звуке**.

А сколько их еще, таких вопросов! Можно ли переговариваться на Луне? Слышно ли под водой? А как передать звук по проводам? А как — без проводов? Какие звуки издают и слышат животные? Бывают ли неслышимые звуки? И вообще, что же это такое — звук?

Люди давно стали догадываться о том, как звуки рождаются, передаются и «умирают». Скажем, древнегреческий философ и ученый **Аристотель** довольно верно представлял себе природу звука. Необыкновенно искусны были мастера, изготавливавшие музыкальные

инструменты, и музыканты, игравшие на них. А строители и архитекторы? Может быть, вам доводилось слушать орган в старинном соборе? Насколько же хорошо нужно было, порой вовсе не обладая научными знаниями, разбираться в источниках и проводниках звука!

Но вот когда встают задачи построить сверхзвуковой самолет или создать качественную звукозапись — без науки никуда.

Однако перед вами эти задачи, вероятно, встанут не скоро. Мир же обычных звуков окружает нас сейчас и со всех сторон. Да и сами мы, что греха таить, любим пошуметь.

Ну-ка, послушаем, как это делается...

КАК СОЗДАТЬ ЗВУК?

Да очень просто — крикнуть, вот и все дела! Ну, конечно, можно еще чем-нибудь постучать, например, молотком по гвоздю или кулаком в дверь. Или гаечным ключом по батарее отопления — весь дом услышит. Ногами потопать, мячом похлопать. Проколоть иголкой воздушный шарик — вот громко лопнет! Посвистеть, в трубу подудеть. А еще вот учительницу вывести из себя — линейкой подребезжать. Минуточку...

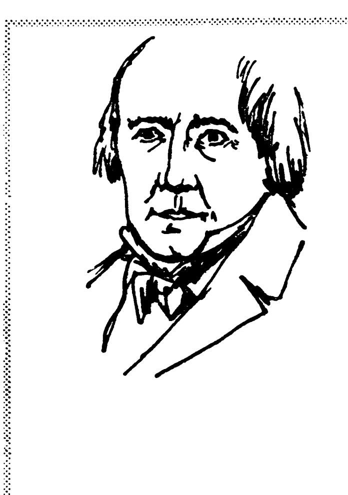
На примере линейки можно буквально глазами увидеть, как рождается **звук**. Какое движение совершает линейка, когда мы закрепим один ее конец, оттянем другой и от-



пустим его? Мы заметим, что он будто бы затрепетал, заколебался. И если теперь мы внимательно переберем все перечисленные примеры, то всякий раз обнаружим: звук создается коротким или долгим **колебанием** каких-то предметов.

Стукнули в дверь — она дернулась и послала в воздух глуховатый звук. Гаечный ключ заставил завибрировать трубы и батареи. А наш «веселый, звонкий мяч» сжимался и расправлялся под ударами руки и об пол. Когда же воздушный шарик «лопнул, хлопнул — вот и все!», то он послал по воздуху резкий скачок давления.

Теперь мы можем сказать, что колеблющиеся тела создают вокруг себя зоны **разрежения и сжатия**. Уплотнения воздуха разбегутся от источника во все стороны. А как



Жан Батист Био (1774—1862) — французкий физик. Обнаружил двойной звук при ударе по железной трубке молотком, что позволило ему определить скорость звука в железе. Помимо акустических исследований, изучал оптическую активность веществ, где открыл ряд замечательных явлений. Один из авторов закона, определяющего магнитное поле тока.

обстоит дело, например, в воде? Да, в общем-то, похоже. Только вода плотнее воздуха и ее частички скорее передадут сжатие и разрежение своим соседкам. То есть звук побежит по воде быстрее. Нетрудно догадаться, что самую большую скорость звук будет иметь в твердых телах, где все частички упакованы еще теснее. Скажем, в воздухе скорость звука немногим более 300 метров в секунду, в морской воде — 1500, а в некоторых металлах она достигает нескольких тысяч метров в секунду.

Источниками звука могут быть не только вибрирующие предметы. Свист пуль или снарядов в полете, завывание ветра, рев реактивного двигателя рождаются от разрывов в потоке воздуха, при которых также возникают его разрежения и сжатия.

ЗВУК «ВЫДАЮТ» ВОЛНЫ

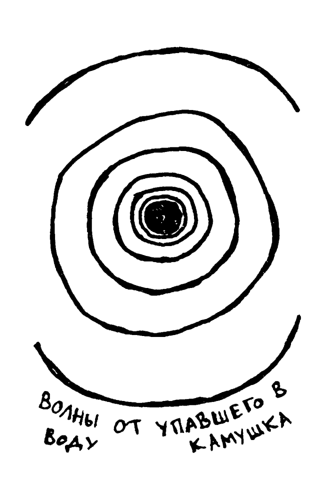
А можно ли увидеть, как звук «бежит»? В прозрачном воздухе или воде колебания частичек сами по себе незаметны. Но легко найдется пример, который подскажет, что происходит при **распространении звука.**

Опустите в воду поплавок. Это может быть даже бумажный кораблик, спичечный коробок или кусочек пенопласта. Если недалеко от него бросить в воду камушек, то из точки попадания кругами пойдут волны. Посмотрим на наш поплавок. Он будет колебаться вверх-вниз, показывая, как ведут себя частички воды на поверхности.

Итак, волна бежит, а передающие ее частицы «топчутся» на месте. Это — признак любого волнообразного движения. Быть может, вы видели, как на трибунах больших стадионов болельщики пускают по кругу «волну». Каждый из них лишь поднимается и вновь садится на свое место вслед за соседом, скажем, слева. И из таких попеременных приседаний образуется кружащаяся по трибунам волна. А ведь ни один из зрителей сам не бежал вокруг стадиона.

В зависимости от формы источника звука волны могут быть, например, плоскими или сферическими. Вот если завибрирует, к слову, в воде большой металлический лист, то волна пойдет в обе стороны от него, как бы повторяя и перенося в пространстве его пло-

скость. А если в воздухе стал бы пульсировать упругий мячик, то волна от него пошла бы по всем направлениям, повторяя его форму, но словно раздуваясь. Подобным манером расходится звуковая волна от места взрыва снаряда.



Таким образом, хотя звук и невидим, распространение его в виде волн очень хорошо изучено. Этим занимается обширный раздел физики, называемый акустикой.

ТО ВДОЛЬ, ТО — ПОПЕРЕК

Одинаково ли движутся частички, передающие **звуковую волну**? Для ответа на этот вопрос последим за колебанием источника звука. Вот, к примеру, гитарная струна. Вы дернули, ущипнули ее, и она затрепетала. Все ее частички начали совершать **колебания** в поперечном к струне направлении. Подхватят эти колебания и частички воздуха, то есть будут смещаться «туда-сюда». Но, заметьте, уже вдоль линии, по которой распространится волна.



Колебания струны в этом случае называются поперечными, а воздуха — **продольными. Поперечные волны** еще можно увидеть на поверхности воды. Но вот внутри как воздуха, так и воды, и вообще — внутри различных газов и жидкостей, возникать могут лишь продольные волны. В твердых же, кристаллических телах звуковые волны передаваться могут и поперечными и продольными колебаниями частиц.

Это связано с тем, что газы и жидкости легко откликаются на уплотнение и разрежение, но почти не замечают, когда их слои сдвигают друг относительно друга. А в кристаллах, где частички словно бы сплетены в огромную объемную сеть, сдвиг одной из них, что вдоль, что поперек, тут же ощущается соседями.

Если сравнить звуковые волны с электромагнитными, то можно отметить серьезное



Леонид Исаакович Мандельштам (1879—1944) — российский физик. Один из создателей нового направления — теории нелинейных колебаний. Обобщил понятие резонанса. Разработал новые системы радиотелеграфной и радиотелефонной связи, метод генерации электромагнитной энергии. Предложил теорию рассеяния света, немало плодотворных идей внес в квантовую теорию. Многое сделал для разъяснения теории относительности.

отличие их друг от друга. Звуковые волны бывают двух сортов, а электромагнитные — только поперечные. Скажем, приемную **антенну** телевизора располагают поперек идущей к ней от станции волны. Лишь в этом случае дошедшая до антенны поперечная волна приведет в ней в движение электрические заряды и наилучшим образом передаст нам телесигнал.

ЧЕЙ СЛУХ ОСТРЕЕ?

Почему мы слышим? Представьте, что вы глубоко вдохнули, задержали дыхание и на минутку оказались на Луне. Услышим ли мы что-нибудь на ней? Рядом могли бы взлетать

ракеты, падать **метеориты,** играл бы целый симфонический оркестр, а наши уши — ноль внимания.

Ответ на эту загадку, как говорят, лежит на поверхности. Поверхности... той же Луны. Вернее, в отсутствии на ней **атмосферы.** Нет воздуха, нечем звук передавать, и ушам воспринимать нечего. Значит, наше ухо реагирует на те толчки, которые доносит до него воздушная среда.

А в воде? Да то же самое, иначе мы ничего не слышали бы под водой. И в твердых телах похожая картина. Например, если мы приложим ухо к рельсу на железной дороге, то расслышим перестук колес далеко идущего поезда. А как давным-давно узнавали о приближении конного всадника? Да, именно прикладывали ухо к земле.

Конечно, звук при распространении затухает. **Гром** от молнии, ударившей поблизости, может оглушить. Его же раскаты, доносящиеся от **грозы,** сверкающей на горизонте, еле слышны. И тем не менее наш слух весьма чувствителен. Достаточно совсем небольших перепадов давления воздуха, доставляемых **звуковой волной,** чтобы барабанная перепонка внутри уха пришла в колебание и просигнализировала бы нашему мозгу о «приеме» звука.

Безусловно, слух некоторых животных намного острее, чем у человека. Вы, разумеется, не раз замечали, как кошка «навостри-

ла» уши, уловив царапание мыши, когда нам не слышно абсолютно ничего.

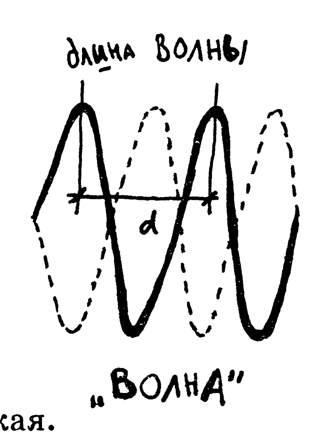
ЧТО ТАКОЕ ЗВУКОВОЙ ДИАПАЗОН?

А могут ли быть звуки, которые не услышит и кошка? Да, такие звуки существуют. Когда выяснилось, что звук представляет собой волновое явление, его стали описывать с помощью двух понятий — **длины волны** и **частоты.** Смотря на речные или морские волны, вы обращали внимание на их различный вид. У одних расстояние между гребнями или впадинами — большое, а у мелкой ряби — маленькое. Мы и говорим: длинная волна или короткая волна.

А теперь взглянем на поплавок у берега, на который набегают эти волны. Если они



крупные, с большой «длиной волны», поплавок ходит вверх-вниз медленно, редко. А бегущая рябь заставляет его буквально «трястись» на месте, то есть колебаться быстро, часто. Ну-ка, сосредоточьте свое внимание: большая длина волны — частота низкая, а короткая волна — частота высокая.



Эта удивительная особенность присуща всем волновым процессам. Но вернемся к звуку. С увеличением длины волны он становится «толще», ниже, еще говорят: низкочастотный звук. Когда же частота колебаний возрастает, то длина волны уменьшается, а звук воспринимается как более тонкий, высокий.

Таким образом, частота колебаний — одна из самых важных характеристик звука. Измеряют ее в герцах. Эта единица, названная в честь немецкого физика, показывает, сколько колебаний совершается в секунду. Так вот, у каждого живого существа есть свой **диапазон**, свои границы испускаемых и воспринимаемых звуков. У человека диапазон слышимости простирается примерно от 16 до 20000 герц.

ИНФРАЗВУК — ПРЕДВЕСТНИК БЕДЫ

Можно ли назвать звуком то, что мы совсем не слышим? Ну и что, если не слышим мы? Разве эти звуки недоступны больше никому или ничему?

Скажем, звуки с частотой ниже 16 герц называют **инфразвуком.** И хотя наши уши такие колебания не «улавливают», но каким-то образом человек все-таки их воспринимает. При этом у нас возникают неприятные, а порой тревожные ощущения.

Давно было замечено, что некоторые животные намного раньше человека испытывают чувство опасности. Они заранее реагируют на далекий **ураган** или надвигающееся **землетрясение.** С другой стороны, ученые обнаружили, что при катастрофических событиях в природе возникает инфразвук — низкочастотные колебания воздуха. Это и породило гипотезу о том, что животные благодаря острому чутью воспринимают такие сигналы раньше, чем человек.

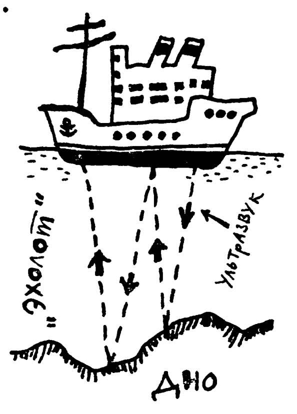
К сожалению, инфразвук создается многими машинами и промышленными установками. Если, скажем, он возникает в автомобиле или самолете, то через какое-то время летчиков или водителей охватывает беспокойство, они быстрее утомляются, а это может быть причиной аварии.

Шумят в инфразвуковом диапазоне вращающиеся детали некоторых станков, и тогда тя-

железе работать на них. Да и всем, кто вокруг, придется несладко. Ничуть не лучше, если «гудит» инфразвуком вентиляция в жилом доме. Вроде бы не слышно, а люди раздражаются и даже могут заболеть. Избавиться от инфразвуковых невзгод позволяет специальный «тест», который должно пройти любое устройство. Если оно «фонит» в зоне инфразвука, то пропуска к людям не получит.

УЛЬТРАЗВУК «ЩУПАЕТ» ДНО

А как называется очень высокий звук? Такой вот писк, который для нашего уха недоступен? Это — **ультразвук**, колебания с частотой выше 20000 герц.



Человек к ультразвуку ну совершенно глух. Однако многие животные свободно его воспринимают. Это, в том числе, так хорошо знакомые нам собаки. Но «лаять» ультразвуком собаки, увы, не могут. А вот летучие мыши и дельфины обладают удивительной способностью и испускать и принимать ультразвук.



Поль Ланжевен (1872—1946) — французский физик. Разработал методы получения ультразвуковых волн при помощи пьезокварца. Первым применил этот метод в подводной сигнализации и ультраакустическом эхолоте. Значительный вклад внес в теорию магнетизма, электродинамику. Активно участвовал в развитии квантовой механики и теории относительности.

Летучая мышь выглядит довольно неприятно. Не украшают ее и огромные, по сравнению с телом, уши. А необходимы они ей для улавливания звука, который она сама же издает. Несущийся с такой же, как и обычный звук, скоростью — более 300 метров в секунду, — ультразвук за мгновение успевает дойти до препятствия и вернуться, как **эхо**, обратно к мыши. Так она «прощупывает» этими сигналами пространство вокруг себя — словно прожектором светит в темноте и видит отраженный от предметов свет.

Разве не похожа «работа» летучей мыши на действие **радиолокатора**? Вопрос не праздный, ведь сегодня люди научились делать искусственную «летучую мышь». Это **эхолот**, или ультразвуковой **гидролокатор**. Посылая с днища корабля сигналы в толщу воды, та-

кой прибор может «прощупать» морское или океанское дно. Все неровности будут замечены, и отраженный сигнал сообщит о них приемнику на корабле. Ультразвуковую информацию непрерывно преобразуют. И она предстает в виде линии на бумажной ленте, вычерчивающей контур дна прямо в капитанской рубке.

КАК ГОВОРЯТ ДЕЛЬФИНЫ?

Можно ли говорить под водой? Нам, конечно, это не удастся — мы не привыкли к тому, что рот и нос заполнены водой. Дышать-то невозможно. А вот **дельфины** вполне могут обмениваться между собой сигналами,



несущими необходимую им информацию. При этом они используют как обычный, так и **ультразвук.**

Дело в том, что для обнаружения препятствия нужны высокочастотные колебания. Они хорошо отражаются от различных предметов и возвращаются к приемнику. Так, летучая мышь, испуская ультразвук с частотой 30000 герц, создает колебания с очень маленькой, короче сантиметра, длиной волны. Для такого звука уже и мошка будет заметным препятствием и отразит сигнал. Обычные же, «слышимые» волны имеют длину около одного метра. Такая волна мошки «не заметит» и распространится дальше.

Вот и дельфины для связи между собой пользуются низкочастотными или длинноволновыми звуками. Те, легко огибая препятствия, могут разойтись довольно далеко и быть услышаны. А для определения расстояний, например, до прибрежной скалы, стаи рыб или сородича, дельфин испускает высокочастотный ультразвук и действует в этом случае как **гидролокатор.**

Особенность ультразвука заключается еще и в том, что его легче, чем обычный звук, сфокусировать. Вы, может быть, замечали, как усиливается звук, когда пользуются рупором. Так и ультразвук можно сделать мощнее, если «собирать» его в узкий лучик, как свет от прожектора или карманного фонарика.

УЛЬТРАЗВУКИ — МАСТЕРА НА ВСЕ РУКИ

Где пригодился человеку **ультразвук**? Возможность его «сгущения», концентрации позволяет достичь такой мощности, что он сможет проделать отверстие даже в металле. Это так называемое ультразвуковое сверло. Вызывая в различных предметах высокочастотную **вибрацию**, он может очистить их от загрязнений. Ультразвук способен даже «соскоблить» ржавчину с металла или тонким и ровным слоем, лучше любой кисти, нанести на поверхность краску.

Попробуйте смешать две жидкости, которые не смачивают друг друга, например, масло с водой. Можно, разумеется, встряхивать сосуд с ними руками. Так готовят в шейкере коктейли — вы, наверное, видели, как это делают бармены. Ну, миксер можно включить. Но ничто не выполнит эту задачу лучше, чем ультразвук. Он быстро раздробит жидкости на мельчайшие капельки и перемешает их.

Ультразвук, как выяснилось, обрабатывая растворы, уничтожает в них микробов. Не могут они, бедные, вынести таких вибраций. Это хорошая подмога медикам — дезинфицировать воду без каких-либо химических добавок и без кипячения.

Нашел свое место ультразвук в терапии и диагностике. Отличных результатов добива-

ются, применяя ультразвуковой ма́ссаж. Не столь давно у врачей появилось мощное средство исследования внутренних органов — УЗИ. Подбирая частоту излучателя, направляя его с разных сторон на наш организм, можно будто высветить и разглядеть почки, печень, желчный пузырь и другие органы, «не залезая» внутрь. Эти ультразвуковые картины стали сейчас не меньшими помощниками врачей, чем рентгеновские снимки.

«АУ, КАШАЛОТ, ОТКЛИКНИСЬ!»

Молчат ли морские глубины? Конечно, если вы ныряли в реке, когда не очень далеко движется теплоход или моторная лодка, звук их двигателей отчетливо слышен. А вот ныряя в море, в тихой бухте, вы замечали — словно уши заложило ватой. Подводное безмолвие... Не обманчиво ли оно?

Наше ухо все-таки не слишком приспособлено к тому, чтобы хорошо слышать под водой. Однако с помощью приборов, называемых гидрофонами, океанологи уловили невероятно разноголосый шум, царящий под водой. Можно различить и звуки отдаленного шторма, и «болтовню» рыбок, и щелкание клешнями креветок.

Недавно в морской пучине обнаружили интересное явление. Во всех океанах на глубине в несколько сот метров расположен **звукопроводящий слой**. Это что-то вроде перего-

ворной трубки, внутри которой звук, отражаясь от стенок, может распространяться довольно далеко, не очень затухая. Но от чего отражается звук в воде?

Вода на разных глубинах обладает различной **плотностью.** Вот эти перепады плотности и создают для звука невидимую отражающую стенку. Попав в звукопроводящий слой, или волновод, можно услышать голоса, идущие буквально с другого конца света, то бишь океана. Вероятно, люди научатся использовать этот слой, чтобы слышать гул от далеких подводных **землетрясений,** то есть заранее получать сведения о приближении цунами.

Есть предположение, что этим слоем давно пользуются... киты. Действительно, как могут они находить друг друга за тысячи километров? Возможно, умея нырять на большую глубину, они «переговариваются» и сообщают сородичам о своем положении по океанскому волноводу.

КАК «УСЛЫШАТЬ» ПОДЗЕМНЫЕ БУРИ?

Вы ждете у железнодорожного переезда, когда мимо вас пронесется поезд. Не кажется ли вам, что земля дрожит под ногами? Такое дрожание еще заметнее в близлежащих домах — в них начинают дребезжать стекла. Но чего стоит это сотрясение почвы по сравнению с толчками, передающимися по земле



от значительно более могучего источника — землетрясения.

Земная твердь способна проводить колебания на очень большие расстояния. В принципе, можно зарегистрировать подземные толчки, идущие с других континентов. Правда, для этого необходимо спуститься в глубокую шахту и воспользоваться невероятно чутким прибором — **сейсмографом.** Прочтя его показания, записанные на бумажной ленте и напоминающие кардиограмму, специалист определит, где произошло землетрясение и даже сможет оценить его силу в баллах. Эти приборы круглосуточно несут службу на сейсмометрических станциях.

Сейсмографы также способны зафиксировать сотрясения, возникающие при взрыве ядерной бомбы и запуске ракеты. Таким об-

разом, в разных странах можно следить за тем, не нарушает ли кто договор о запрещении испытаний мощного оружия.

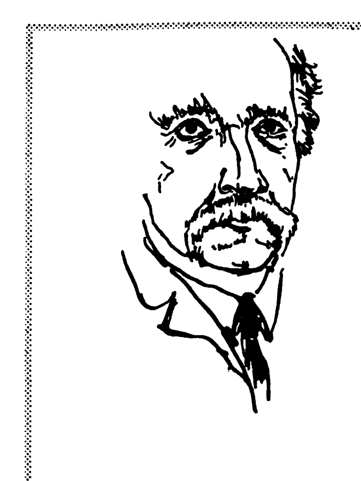
Годятся сейсмографы и в том случае, когда нужно разведать полезные ископаемые. Устраивают в колодце небольшой **взрыв**, а прибором фиксируют прошедшие через толщу земли колебания. По их виду можно сказать, где и какие залегают породы. Сравните это с тем, как врач простукивает грудную клетку, приставив ухо к спине больного.

Вспомните еще, как проверяют в магазине посуду. Если в тарелке есть трещины, то при постукивании она задребезжит. Подобным образом выявляют скрытые дефекты в деталях машин. Только прослушивают их при этом с помощью приборов, сходных с сейсмографами.

КУДА ИСЧЕЗАЕТ ЗВУК?

Почему в одних помещениях наш **голос** звучит гулко? А в других кажется, что он уходит от нас, не возвращаясь. По-видимому, дело в том, как отражают или поглощают его окружающие нас предметы.

Вы, наверное, слышали слово **«звукоизоляция»**. В домах, в которых о ней не позаботились, слышимость бывает такой, что можно разобрать секретные разговоры соседей. А вот, скажем, в средние века применялась пытка — человека сажали в камеру с



Герман Гельмгольц (1821—1894) — немецкий естествоиспытатель. Занимался физиологической акустикой, предложил резонансную теорию слуха, построил модели уха. Создал колебательный контур, примененный впоследствии в радио. Изобрел ряд измерительных приборов, затронул в своих трудах практически все области современной ему физики. Обосновал всеобщность закона сохранения энергии.

такими толстыми стенами, что в нее не мог проникнуть ни один звук. От мертвой тишины начинались галлюцинации и можно было сойти с ума.

Как и свет, звук нам необходим, но он должен быть различимым. Иной раз мы не можем расслышать сообщение по радио из-за оживленного разговора наших родственников. С другой стороны, мы удивительно точно выделяем голос певца на фоне аккомпанирующего ему оркестра. Наше ухо, выходит, может быть избирательным, но и этому, как мы видим, есть предел.

Вот, к примеру, на концерте, где собралось много публики, звук со сцены неплохо слышен и в дальнем уголке зала. Одежда зрителей его хорошо поглощает, не дает доноситься до вас со всех сторон. А если вы остались в зале один, голос артиста станет ка-

заться гулким. Его слова, многократно отражаясь еще и от пола, от кресел, словно бы наложатся друг на друга.

Поглощение и отражение звука различными материалами нужно учитывать как при постройке жилых домов, так и при сооружении театров и концертных залов. Этими вопросами занимается **архитектурная акустика,** имеющая тысячелетний опыт. Обратите внимание, как звучат ваши голоса в старых церквях, и вы поймете, какого совершенства смог достичь здесь человек.

«БЕРУШИ» — БЕРЕГИТЕ УШИ!

Задумайтесь, сколько вокруг нас **источников звука!** Вон на детской площадке «стонут» несмазанные качели, кричат ребятишки во дворе, звенит волейбольный мяч, кто-то стучит, вставляя стекло. По улице, урча моторами, проносятся автомобили, из соседних окон звучит музыка, хлопает выбиваемый ковер, засвистел чайник на кухне, непрерывно тикают часы, скрипнула дверь...

И это — только дома. Прогулка же по большому городу нередко заканчивается головной болью — так действует на нас разнообразный шум. Не сравнить с тишиной у реки, когда слышно лишь журчание воды, шелест листьев или стрекот кузнечиков.

Все меньше людей оказывается в таких «чистых» звуковых условиях. Переселяясь в

города, человек должен привыкать к новой, «загрязненной» шумами среде. Врачи давно бьют тревогу, приводя свидетельства частичной или полной потери **слуха**, а также нарушений нервной системы, связанных с избытком обрушившихся на наши уши звуков.

Борьба с шумами ведется не первый год: выносят за черту города железные дороги и скоростные автострады, запрещают пользоваться звуковыми сигналами, отводят в сторону от жилых районов маршруты самолетов. К сожалению, толку от этих мер не так уж много.

Вы видели, вероятно, как музыканты наушниками защищаются от шума, который сами же и производят. Похожие наушники из звукоизолирующих материалов надевают



на себя рабочие в грохочущих цехах. А чтобы лучше спать, теперь в аптеках предлагают **«беруши»** — белые и волокнистые, словно вата, квадратики для затыкания ушей. Их не так уж давно придумали ученые.

Возможно, изобретателям удастся уменьшить **вибрацию** машин, усовершенствовать глушители или найти новые средства звукоизоляции. Но, видимо, решение проблемы — в создании каких-то принципиально новых двигателей, изначально производящих минимум шума. И в нашем поведении...

ЗВУКИ ЛАДНЫЕ И НЕЛАДНЫЕ

А как мы отличаем приятный звук от противного, раздражающего? На **слух**, конечно, нравится — не нравится. Но, может быть, **акустика** нам подскажет, чем различаются, например, скрип несмазанной телеги от мелодии «Аве Мария»?

Троньте гитарную струну. Ее форма при звучании напоминает вам вид волны на поверхности воды. И испускаемый ею звук, если бы его можно было изобразить, был бы похож на плавно волнующуюся воду. Это — так называемый чистый тон.

У разных **музыкальных инструментов**, у **голоса** поющего человека он обрастает «обертонами». Будто на медленных морских валах появилась еще и мелкая рябь. Она не меняет частоты основного тона, а словно обогащает

или, как говорят музыканты, окрашивает его своим **тембром**. Поэтому, когда весь оркестр берет одну **ноту**, скажем, «ля», мы тем не менее отличаем звучание, тембр каждого инструмента. Или вот пение смешанного дуэта. Даже если пара поет в унисон по одним и тем же нотам, мы разберемся, где женский голос, а где — мужской. Тембровая окраска делает мир гармоничных звуков разнообразным, изобильным.

Когда же скрежещет металл, дребезжат стекла, скрипит дверь, их звук можно сравнить с **хаосом**, творящимся на море во время бури. Никакой регулярности, плавности — сплошные всплески и обрывистые падения.

Хотите в своем классе воспроизвести классический **шум**? Для этого не надо кричать, топать ногами и бить линейками по столам. Запомните всего лишь одну фразу: «Что говорить, когда говорить нечего». Теперь соберитесь вместе и станьте все ее повторять, даже не очень громко. Только одно условие — говорить не хором, а вразнобой, кто когда начнет. То, что теперь вы услышите, будет прекрасным примером шума, полной звуковой неразберихи.

ЗВУКИ ВЫСТРАИВАЮТСЯ ПО НОТАМ

Вы все прекрасно знаете, что оперные арии исполняют певцы с разными голосами. Никогда режиссер спектакля не поручит пар-

тию Ленского из оперы «Евгений Онегин» баритону. Ее обязательно отдадут артисту с высоким голосом — тенору. Еще, наверное, вы слышали о таких голосах, как сопрано, контральто и бас. Все они различаются по **высоте тона**, хотя вовсе не доходят до крайних пределов в диапазоне слышимых человеком звуков.

Зато по этим голосам можно выстроить «музыкальную лесенку» — от самых низких звуков, которые берутся человеком и музыкальными инструментами, до самых высоких. Каждый из этих звуков, как известно, называется **нотой.**

Откроем крышку рояля. Во время игры на нем мы заметим, как удар пальца по клавише передается молоточку, бьющему по



струне. Струна-то, собственно, и издает звук. **Частота** этого **звука** — не произвольная. Если выстроить все частоты по мере возрастания их числовых значений, то можно обнаружить строгие закономерности и определенную повторяемость.

Поэтому все ноты периодически встретятся нам на клавиатуре. Поначалу низкое, тяжелое «ля» еще несколько раз (через октаву) прозвучит на рояле, становясь все выше и выше. Но это будет одна и та же нота.

Каждой частоте соответствует вполне определенная длина струны или воздушного столба в трубе. Эти музыкальные законы работают во всех звучащих инструментах — в струнных, духовых и даже ударных. Ведь вы видели, сколько барабанов окружает ударника? Ему их требуется так много, поскольку каждый барабан и барабанчик издает звук только своего тона, зависящего на этот раз от величины и упругости натянутой пленки.

КАК ВОЙТИ В РЕЗОНАНС?

В фильмах о выдающихся певцах был популярен такой эпизод. Набрав полные легкие воздуха, артист выдавал такую громкую ноту, что начинала звенеть посуда или стеклянная люстра. Отчего же голосом можно заставить звучать какие-то предметы на расстоянии?

Когда этот вопрос заинтересовал ученых, они выяснили, что **энергия**, переносимая обычным звуком, весьма мала. Тем не менее, как показывают опыты, даже негромкий звук может «включить» и другие его источники. Наверняка вы видели **камертон** — такую металлическую рогатку. Им пользуются настройщики **музыкальных инструментов.** Каждый из них сделан так, что может колебаться со строго определенной частотой. И если сильно ударить по всем клавишам рояля, то какая-нибудь из струн заставит звучать и отдельно стоящий камертон.

Еще пример. Два одинаковых (с одной частотой) камертона также будут передавать один другому звуковую энергию. Почему же так происходит? Вспомним, как легкими толчками мы можем заметно раскачать качели. Или как усиливает звучание приемник, настроенный на определенную волну. Это — случаи механического и **электрического резонанса.** Мы же сейчас имеем дело с **резонансом звуковым**, акустическим.



Все эти примеры объединяет одно — энергия к качелям, к приемнику, к ка-



Эрнст Хладни (1756—1827) — немецкий физик. Основоположник экспериментальной акустики. Открыл продольные колебания струн, стержней, пластин, камертонов, колоколов. Описал «акустические фигуры», возникающие на колеблющейся пластине, посыпанной песком. Первым провел точные измерения скорости звука в различных газах, доказал, что в твердых телах звук распространяется с конечной скоростью. Объяснил эхо, на опыте определил верхний порог слышимости звука. Изобретал музыкальные инструменты.

мертону передается небольшими порциями, но так, что словно подхлестывает колеблющуюся систему. Еще говорят — колеблются в фазе. Можно сказать и так: своя собственная, внутренняя частота того же камертона, с которой он сам «хотел» бы колебаться, совпадает с внешней частотой, с какой пришла к нему звуковая волна. Или еще: вошли в резонанс.

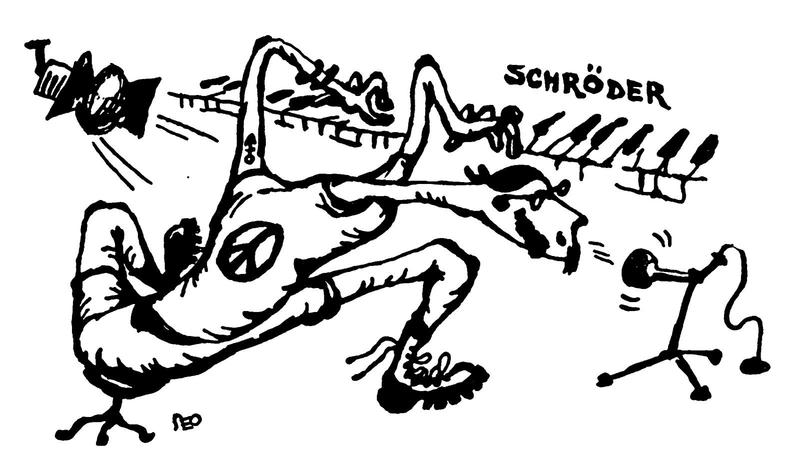
Тогда ясно, почему иногда неожиданно начинают вибрировать или дребезжать какие-либо предметы. Их привел в колебание донесшийся откуда-то звук, вызвавший резонанс. Это и произошло в случае с певцом.

ПИАНО И ФОРТЕ

А чем отличается громкий звук от тихого? Вот вы сильно шлепнули по мячу, а вот — легонько. И звук, понятное дело, будет разным. А в чем разным? Ведь и там, и там мы не ошибаемся в определении источника звука на **слух**, отличаться будет лишь **громкость** звучания.

Теперь музыкальный опыт. Дернем посильнее гитарную **струну**, а затем ущипнем ее послабее. Вслушайтесь сами в то, что мы об этом говорим: звук тот же самый, только первый раз — погромче, второй — потише.

А вы заметили, как вела себя гитарная струна? В первом случае размах ее колебаний достигал нескольких миллиметров, во втором же был еле заметен на глаз.





Джон Уильям Стретт (лорд Рэлей) (1842—1919) — английский физик. Труды посвящены теории колебаний, одним из основоположников которой он является. Исследовал колебания упругих тел, изучал рассеяние и поглощение волн, открыл особый их вид. Объяснил голубой цвет неба, вывел закон излучения нагретого тела. Изобрел прибор для измерения силы звука.

Вот и выходит, что громкость звука зависит от масштаба колебаний звучащего тела. Так же и наша **барабанная перепонка** реагирует на размах колебаний достигшей ее звуковой волны. И чем сильнее завибрирует она в ухе, тем громче будет нам казаться звук.

Кстати, именно с этим связаны болевые ощущения, возникающие при очень громком звуке. Как вы себя почувствуете, когда вас сильно потянут за руки в разные стороны? Так и барабанная перепонка — при слишком сильном размахе колебаний она растягивается до боли. Быть может, вы слышали о контузиях и даже потере слуха — разрыве перепонки — у воинов, оказавшихся поблизости от взорвавшихся снарядов.

Размах колебаний в самых различных системах — механических, акустических,

электромагнитных — называется **амплитудой.** Эта величина показывает, как далеко отклоняется система от положения **равновесия,** покоя. Взгляните на маятник часов-ходиков. Сможете ли вы найти амплитуду его колебаний?

Кстати, почему пианино и рояль называют еще и фортепьяно? Это два итальянских слова: форте — громко, пиано — тихо.

ЧТО ТАКОЕ ПОЛОСА ЧАСТОТ?

Не бросались ли вам в глаза странные картинки на магнитофонных кассетах? С одной их стороны, как правило, изображено название фирмы или портрет певца, а вот с обратной порой нарисованы какие-то линии и цифирки. Приглядевшись, вы найдете среди них уже знакомое обозначение — герцы или килогерцы. Это — так называемая **частотная характеристика** пленки.

Другой пример. Не кажется ли вам, что голос вашего товарища по телефону звучит не совсем так, как вы привыкли его слышать «живьем»? Или еще говорят: высококачественная аппаратура, низкокачественное воспроизведение.

Во всех этих случаях принципиально важным оказывается, могут или нет записать, передать и воссоздать голоса или музыкальные звуки различные устройства. Ведь какие-то частоты, как это случалось раньше,

были «не под силу» примитивному оборудованию. Голоса и звуки искажались до неузнаваемости. Теперь же современные устройства достигли такого совершенства, что могут донести до нас практически все богатство красок звуковой палитры.

Обратите внимание на динамик приемника, работающего от трансляционной сети, и сравните его с теми, что используют музыканты на сцене. Первый в одиночку должен управляться со всеми передаваемыми звуками, а во втором случае динамиков бывает по три вместе. И каждый работает, как говорят, в своей полосе частот — высоких, средних, низких. Конечно, качество звучания иное.

И таких систем устанавливают по нескольку штук. Звук приобретает объемные, близкие к реальным, свойства. Это уже стереозвук. А если вы видели студии звукозаписи или управление звуком на телестудиях, то могли бы сравнить их сложнейшее оборудование с приборной доской, к примеру, на современном самолете.

КАК «ЗАКОНСЕРВИРОВАТЬ» ЗВУК?

А как записывается, скажем, наш голос? Это ведь тоже одно из самых давних желаний человека — сохранить звук. Как, к примеру, звучал голос Цицерона? Как пели наши далекие предки? Увы, записывать и воспроизводить звук люди научились не столь давно.

Первый **фонограф** — прибор, служащий именно для этой цели, — был изобретен **Т.Эдисоном** в 1877 году.

Представлял он собой валик, на который колеблющейся в такт со звуком иглой наносилась бороздка. Можете себе представить, каким по качеству был этот звук? Однако именно благодаря фонографу сохранился для потомков голос Льва Толстого.

Затем придумали граммофон, в переносном варианте его называли патефоном. Поначалу это были довольно громоздкие аппараты с большим рупором и ручкой, которой его «заводили», будто часы. Главное — на нем можно было проигрывать пластинки. Им же — немногим более 100 лет. **Звуковая дорожка** наносится иглой на пластинку по спирали. А материалом для пластинок служат пластмассы.





Томас Эдисон (1847—1931) — американский изобретатель. Запатентовал более 1000 изобретений. Придумал фонограф — прибор, записывающий и воспроизводящий звук. Усовершенствовал телефон, устранив в звучании голоса посторонние шумы, что позволило удлинить телефонную связь. Впервые построил «электричку», сверхмощные электрогенераторы, запустил тепловую электростанцию, изобрел аккумуляторы, железнодорожный тормоз, систему электрического освещения и многое-многое другое.

Вид пластинки сохранился до сих пор, а вот граммофоны лет 40 назад стали вытесняться электропроигрывателями, где роль механического завода взял на себя электромотор, а рупора — динамик.

Не успели распространиться эти устройства, как их стал теснить магнитофон. На пленку, прокручиваемую в нем, заносилась информация в виде пульсаций магнитного поля, идущих в такт со **звуковыми колебаниями**. Особенность такой записи заключалась в том, что ее «запоминали» магнитные частички в пленке. Их можно было не только упорядочить в соответствии со звуком, но и размагнитить — то есть стереть информацию.

Ныне для записи и хранения звука используют и свет. Вы, конечно же, слышали

о лазерных дисках. Звуковая информация, переложенная на язык света, так нежно и аккуратно наносится и считывается с дисков лазером, что может воспроизводиться бессчетное количество раз.

ЗАЧЕМ ЧЕЛОВЕКУ ДВА УХА?

Действительно, разве нельзя было бы обойтись одним? Однако природа почему-то позаботилась здесь об избытке и снабдила нас и животных все-таки парой ушей. Зачем?

Известен интересный опыт, который, возможно, вам невольно приходилось проделывать. Пытаясь найти кузнечика в траве по его стрекоту, мы иной раз могли двинуться в противоположном от него направлении. Получалось это потому, что кузнечик находился на одинаковом расстоянии от наших ушей. Тогда испускаемый им звук достигал их одновременно. А это может произойти дважды — если он находится как спереди, так и позади нас. Но стоит нам чуть повернуть голову, как небольшое изменение в расстоянии от источника звука до наших ушей даст нам возможность «запеленговать» его.

Если вы смотрели фильм «Семнадцать мгновений весны», то должны вспомнить эпизод о поиске радиопередатчика. Для определения его места нужно было зафиксировать с помощью радиопеленгаторов два направления на него с двух разных точек. На

пересечении этих линий и находилась русская радистка.

Подобным образом проводят **пеленгацию** и в **акустике.** Скажем, с двух разных кораблей заметили гидрофонами шум двигателей подводной лодки. Передав друг другу информацию по радио, штурманы нанесли на карту линии и нашли точку, в которой расположена лодка. Впрочем, это можно сделать и с одного корабля — двумя «ушами»-гидрофонами.

Чтобы «пеленгация» нашими ушами была более точной, необходимо не поворачиваться на интересующий нас звук, а наоборот. Так мы интуитивно и поступаем, когда наклоняем голову, прислушиваясь.

КАК УСЛЫШАТЬ НЕВИДИМОЕ?

Как вы полагаете, далеко ли уходит ввысь ваш голос? Вы, конечно, подумаете о затухании звука. Но если бы вы кричали даже так громко, как ревет двигатель реактивного самолета, то на высоте около 3 километров вас практически не было бы слышно. А вот вдоль поверхности Земли тот же рев самолетных двигателей с аэродрома доносится значительно дальше. В чем дело?

Вспомните, как меняется с высотой плотность атмосферного воздуха. Чем выше — тем она меньше. Оказывается, звуковые волны, поднимаясь и переходя в слои с меньшей



плотностью, постепенно загибаются и даже могут «отразиться» и вернуться к земле. Это явление называется **рефракцией звука.** Благодаря ей, кстати, к нам может донестись звук от далеких взрывов или ударов молнии, как бы перепрыгивая через высокие препятствия.

Не приходилось ли вам слышать разговор, происходящий в соседней комнате, если чуть приоткрыта дверь? Собеседников вы не видите, но слышите все прекрасно. Как же звук доходит до вас? Конечно, он может отразиться от стенок и достичь вашего уха, но еще он способен и обогнуть дверь, «не коснувшись» стен квартиры.

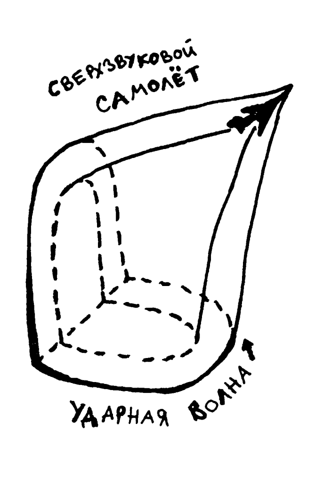
Звуки могут, накладываясь друг на друга, усиливаться и ослабляться, менять направление своего распространения в среде с пере-

менной плотностью, огибать препятствия. Все это — признаки, как говорят, типично волнового явления.

ИГРЫ С НЕБЕСНОЙ ХЛОПУШКОЙ

Что за **взрывы** раздаются порой наверху? Взрослые вам пояснят, что это реактивный самолет перешел **«звуковой барьер»**. И правда, в это время можно иногда заметить высоко-высоко в небе белый след самолета с маленькой точкой в начале. Но неужели самолету действительно приходится через что-то там перепрыгивать, как спортсмену в барьерном беге?

Разумеется, никаких барьеров в небе нет. Но самолету и впрямь необходимо преодолеть препятствие. Возникает оно в тех случаях, когда он движется со скоростью, приближающейся к **скорости звука** в воздухе. На высоте в 11 километров она равна 1000 километров в час. Получается, что звук, испускаемый двигателем самолета, не успевает «отбежать» от него. Уплотнения воздуха как бы накладыва-



ются друг на друга, самолет словно спрессовывает их.

Развив скорость больше скорости звука, самолет будто прорывает, прокалывает этот скачок уплотнения. Образуется так называемая **ударная волна**, бьющая по корпусу самолета. А до нас эта волна доходит в виде хлопка от громкого взрыва.

Ученые и конструкторы изучили особенности прохождения через «звуковой барьер». Они смогли рассчитать необходимый запас прочности для самолета и нужную для него в этих случаях форму. Сейчас скорость, достигающая величины в 3 раза большей скорости звука, доступна серийным самолетам. Однако авиация уже стоит на пороге создания самолетов, летящих быстрее звука раз в 10. Это — область гиперзвуковых скоростей.

«ТО КАК ЗВЕРЬ ОНА ЗАВОЕТ...»

Не случалось ли вам стоять на платформе, когда мимо проносится гудящая электричка или тепловоз? Вы, вероятно, замечали, как меняются их завывания при движении к вам — и от вас. Электричка приближается — звук становится все выше, удаляется — ниже. Что же меняет его высоту?

При движении **источника звука** к нам он как бы догоняет, сминает, делает плотнее всю бегущую от него вперед волновую «цепочку». Это можно наглядно представить, когда вы

сжимаете пружинку. Расстояние между ее витками уменьшается — и так же сдвигаются промежутки между горбами и впадинами звуковой волны. А ухо воспринимает такое «сжатие» волны, как увеличение частоты ее колебаний.

При удалении от нас источник звука как бы удирает от испущенных им назад звуковых волн. «Цепочка» растягивается, длина волны растет, а частота, как ей и положено, становится меньше. Тон звука делается ниже.

На существование этого эффекта указал австрийский физик и астроном Кристиан **Доплер** чуть более 150 лет назад. Названный его именем, этот эффект прежде всего стали





Кристиан Доплер (1803—1853) — австрийский физик и астроном. Работал в области акустики и оптики. Обосновал зависимость звуковых и световых колебаний от скорости движения наблюдателя и источника колебаний. Обнаруженный впоследствии эффект получил его имя. Также его исследования посвящены теории микроскопа и теории цветов.

изучать в **акустике.** Однако сам Доплер первоначально полагал, что проявиться он должен в оптических явлениях. Поразительно, что это предсказание было подтверждено спустя столетие именно для света. А нам важно сделать отсюда вывод, что у процессов одной, волновой, природы — и звука, и света — очень много родственного.

ДАВАЙТЕ ПОРАЗМЫСЛИМ

? *Почему не затухают колебания маятника часов-ходиков?*

? *Услышим ли мы взрыв, происшедший на Луне?*

? *Зачем слабослышащие люди прикладывают к уху рупор?*

? *Почему звучащий камертон быстрее затухает, если его ножку поставить на стол?*

? *Верно ли, что «летучая мышь и в темноте видит»? Почему?*

? *Что дальше распространяется в лесу — обычный звук или ультразвук?*

? *Кто быстрее машет крылышками — шмель или комар?*

? *О каких звуках идет речь в пословице: «Оттого телега запела, что давно дегтю не ела»?*

? *Чем различается звучание струн скрипки и контрабаса?*

? *Что произойдет со звучанием пластинки, поставленной на большее число оборотов?*

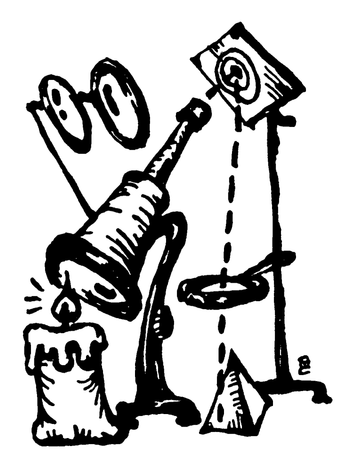
? *Почему фундамент сейсмографа плотно укрепляют на земле?*

? *Справедлива ли пословица: «Не услышишь выстрела, которым будешь убит»?*

МИР СВЕТА



Какова стрелка у солнечных часов? 350
Отчего получаются затмения? 352
Чей свет отражает луна? 353
Вы бывали в «комнате смеха»? 355
«Свет мой, зеркальце, скажи...» 356
«Неча на зеркало пенять...» 358
Как увидеть дно реки... над головой? . . . 360
Отчего рассеивается свет? 361
«А нынче... погляди в окно...» 363
Почему «всплывает» монетка? 364
Как лучик можно повернуть? 367
Почему сверкают алмазы? 368
Куда отклонят линзы луч? 369
Как снимает фотоаппарат? 371
На чем отпечатать фотографию? 372
Верно ли мы видим мир? 374
«Нет очков у тети вали...» 376
Познакомьтесь с бактерией! 378
Как сделать звезды ближе к нам? 380
Маленький принцип —
большие последствия 382
Свет — волна и свет — частица 384
Как исчезает свет? 386
Кто «отвечает» за цвет? 388
Почему небо голубое? 390
Что такое радуга? 392
Как быстро бегает свет? 395
Можно ли усилить свет? 397
Картинки несутся со скоростью света . . . 400
Миражи космические и земные 402
Что общего у мыльной пленки
и голографии? 403
Давайте поразмыслим 405



А в полдень лужи под окном
Так разливаются и блещут,
Что ярким солнечным пятном
По залу «зайчики» трепещут.

И.А.Бунин

Что самое первое, с чем сталкивается только что родившийся человек? Конечно, на него навалилась масса новых впечатлений — и холодно ему стало, и шумно вокруг, и запахло чем-то. Но, может быть, самое главное — это хлынувший в глаза поток **света,** который сразу заставляет его жмуриться.

Всю свою дальнейшую жизнь человек будет ориентироваться в пространстве, воспринимать мир, будто ощупывая его глазами, то есть — улавливая отовсюду свет. Заметьте, как заботливо наш язык отразил все, что связано со зрением: «береги, как зеницу ока», «не в бровь, а в глаз», «видит око, да зуб неймет», «искры из глаз посыпались», «свет очей моих»...

Последнее выражение, кстати, говорит о том, что в свое время люди представляли свет

исходящим из глаз, словно щупальца. Однако теперь наши знания о свете стали не только чуть более верными, но и такими необозримыми, что составляют не одну, а несколько наук.

Объединяет их одно название — **оптика.** В ней можно получить ответы на тысячи вопросов — о том, как видит глаз, как устроен фотоаппарат, как работают микроскопы и телескопы, как светят звезды и планеты, как, куда и зачем бежит сам свет.

А для начала давайте поглядим вокруг себя и всмотримся хотя бы в собственную тень...

КАКОВА СТРЕЛКА У СОЛНЕЧНЫХ ЧАСОВ?

Можно ли загородиться от солнечного света? Конечно, — нет ничего проще. Например, прикрыть глаза ладошкой или раскрыть зонтик над головой. А что мы делаем с вами в этих случаях? Между Солнцем и нашим глазом мы ставим препятствие. И тогда солнечные лучики либо отражаются от него, либо поглощаются им и в наш глаз не попадают.

Значит, **свет** бежит к нам от Солнца по прямой линии? Выходит, так, и это легко проверить, скажем, в таком опыте. Давайте определим, насколько высоко Солнце поднялось над горизонтом. Поставим для этого на



ровной асфальтовой или земляной площадке вертикальную палочку — ну, например, линейку или кусок металлической трубы. В ясный день Солнце заставит нашу палочку отбросить тень. Понятно, что чем выше Солнце, тем тень у палочки короче. Этот, пусть очень простой, прибор весьма строго указывает на высоту Солнца, и даже позволяет провести довольно точные расчеты.

Кстати, вы, наверное, догадались, на что еще похож наш прибор. Ведь тень от палочки меняет не только свою длину, но и направление. Поэтому в течение светового дня мы можем отметить различное положение тени и связать это со временем суток. Вот вам и **солнечные часы.**

Закрыли Солнце тучи, затянуло небо облаками. Будут ли теперь работать наши ча-

сы? Конечно, тень от палочки размывается, а в совсем пасмурный день будто исчезает. Такое можно наблюдать вечерами на открытых стадионах, когда игра на поле идет при искусственном освещении. Прожекторы светят на спортсменов со всех сторон, и их тени как бы скрадываются.

Теперь мы можем сказать, что действие нашего прибора объясняется прямолинейным распространением света. А чтобы он давал четкие показания, как и солнечные часы, нужно, чтобы свет падал только с одной стороны.

ОТЧЕГО ПОЛУЧАЮТСЯ ЗАТМЕНИЯ?

Давайте понаблюдаем за тенью от очень длинной палочки или, скажем, от фонарного столба. Даже в очень ясную погоду мы можем заметить, что очертания тени выглядят у основания палочки более четко, чем в самом верху. Почему же там тень размывается?

Дело в том, что **Солнце** — не светящаяся точка. Мы его видим на небосклоне похожим, как говорил Незнайка, на блин. И каждая точка этого раскаленного «блина» посылает свои **лучи** во все стороны. Вот и получается, что солнышко своими разными местами освещает одновременно с разных сторон каждый предмет и создает множество его теней. Когда тень короткая, это незаметно, а вот когда длинная, тени-то и начинают «разъезжаться».

Посмотрим на свет от матового фонаря. Если на пути его лучей до стены поместить какое-то препятствие, например, теннисный мячик, то мы обнаружим, что одной четкой тени не будет. В каком-то месте на стене мы будем видеть темное пятнышко, а вокруг него — серый ореол, или, как еще говорят, полутень.

А теперь замените мысленно светящийся матовый шар на Солнце, стену — на Землю, а теннисный мячик... догадались на что? Конечно же, на Луну. И вот перед вами отличная модель солнечного затмения. По-видимому, ясно, почему в одних местах на земле наблюдается полное затмение, а в других — частичное. Просто где-то Луна целиком закрывает солнечный диск, и мы какое-то время находимся в зоне ее полной тени. А в соседних районах Луна лишь «чиркает» по лику Солнца, тогда нам виден его больший или меньший краешек, похожий на лунный серп. Это — зона полутени, неполного затмения.

ЧЕЙ СВЕТ ОТРАЖАЕТ ЛУНА?

Почему мы видим **Луну**? Нам же известно, что на ней нет **атмосферы**; наблюдая в телескоп, люди давно увидели мертвые пространства, испещренные ударами метеоритов. Уже и астронавты высаживались и путешествовали по поверхности Луны и никаких источни-

ков света на ней не обнаружили. То есть Луна сама по себе, как лампочка, не светится.

Остается одна причина. Луна, как небесное зеркальце, отражает лучи единственного источника света в нашей планетарной системе, иначе говоря — Солнца. И все планеты, кружащиеся вокруг него, предстают перед нами в отраженном свете. Причем этот свет может быть довольно ярким и затмевать свет звезд, как, например, у Венеры.

Поворачиваясь к Солнцу то одним своим бочком, то другим, Луна, в зависимости от нашего места на Земле, видится нам по-разному освещенной. То это — **полнолуние**, Луна глядит на нас всем своим круглым «лицом», то — от нее остается узенький серп, или, как издавна его называют, месяц. Раз-



личные, но повторяющиеся преображения Луны именуют ее фазами.

Может быть, вам приходилось следить на ночном небе за довольно быстро летящими звездочками. Нет, это не самолеты, у тех огни цветные, и, как правило, мигающие, да и направления полетов самые разные. А звездочки, о которых мы говорим, движутся всегда на восток и светят, как обычные лампочки. Это, конечно, **искусственные спутники Земли**, летящие так высоко, что им еще «видно» Солнце. Его-то отраженный свет и попадает нам в глаза.

ВЫ БЫВАЛИ В «КОМНАТЕ СМЕХА»?

А что, разве отраженный свет можно наблюдать лишь от небесных тел? Предвкушая удовольствие и вынимая из кармана или сумочки зеркальце, вы тут же ответите на вопрос делом. Яркий солнечный «зайчик», направленный в глаз товарищу или в затылок учителю, пишущему на доске, станет лучшим доказательством.

Может быть, все-таки стоит, побаловавшись, немного и поразмышлять. Когда-то наблюдения за подобными «зайчиками» навели на открытие **закона отражения света.** Звучит этот закон довольно просто: под каким углом лучик на зеркало падает, под таким и отражается. Ну, действительно, смотрите — если луч падает на зеркало отвесно, то так же от-

весно и отразится, уйдет назад к источнику света. А чуть наклоним зеркало — и отраженный лучик так же отклонится в сторону.

Благодаря таким свойствам отражения мы можем увидеть себя в **зеркале**. Причем, если зеркало ровное, то наше изображение в нем будет таким же, как мы, то есть неискаженным. Но вспомните «комнату смеха» — стоит изогнуть поверхность зеркала, как изображения предметов в нем приобретают невероятные очертания. Что, нарушился закон отражения? Ничего подобного. В полном соответствии с ним разные участки кривого зеркала создают каждый свое изображение, их становится много, и они причудливым образом накладываются друг на друга.

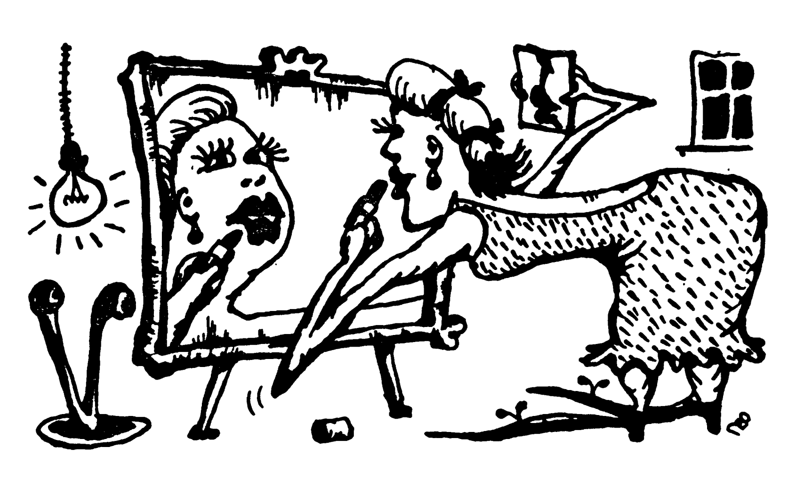
Использование закона отражения света позволило людям не только развлекать друг друга, но и создать много полезных и важных приборов.

«СВЕТ МОЙ, ЗЕРКАЛЬЦЕ, СКАЖИ...»

Зеркала помогают нам рассмотреть себя, причем с разных сторон. Выпускают даже трехстворчатые зеркала, благодаря которым мы можем увидеть, как выглядим и сбоку. Особенно такие зеркала необходимы актерам в гримерной. А в парикмахерских, бывает, с помощью второго зеркала вам покажут, хорошо ли подстрижен ваш затылок.

Этот последний пример, кстати, подсказывает, как можно подглядывать за кем-то или за чем-то, оставаясь практически незамеченным. В старинных замках устраивали, помимо вделанных в стены слуховых труб, еще и целые системы зеркал, передающих изображения людей из одной комнаты в другую. Так, за многие столетия до появления микрофонов-«жучков» и скрытых видеокамер, пытались добыть информацию, не подлежащую огласке.

Подслушивать и подсматривать, конечно, нехорошо. Но случается, что это необходимо. Как вести наблюдение за полем боя солдату, сидящему в окопе, если пули свистят так, что не высунуть и головы? Как узнать капитану **подлодки**, не выдав ее присутствия, что происходит на поверхности моря? Разумеется, вы вспомнили про **перископ.**



Этот прибор легко сделать самим с помощью двух зеркал. Первое из них, отразив горизонтальный лучик, сделает его вертикальным. Второе, расположенное внизу, наоборот, «поймав» отвесный луч, отразит его горизонтально — прямо к нашим глазам.

Зеркала применяют для дополнительной подсветки, например, при киносъемке. Отражающие свойства плоских зеркал используют в видоискателях **фотоаппаратов** и съемочных камер. Если у ваших родителей сохранился старый фотоаппарат «Любитель», вы можете воочию убедиться в действенности такого видоискателя.

«НЕЧА НА ЗЕРКАЛО ПЕНЯТЬ...»

Читали ли вы фантастический роман Алексея Толстого «Гиперболоид инженера Гарина»? В нем шла речь о зеркальном устройстве, способном концентрировать **световые лучи** и направлять их мощным пучком так, что он мог прожечь металл. К сожалению, со временем выяснилось, что если бы такой прибор был построен, он не производил бы подобного эффекта. В замысел писателя вкралась физическая ошибка.

Однако свойство изогнутых зеркал концентрировать, фокусировать, пусть не до такой степени, световые лучи, широко используется. Например, если из сферического зер-

кала изготовить так называемую солнечную печь, то она, собирая лучи, сможет ими нагревать вещества до высокой температуры, скажем, кипятить воду. А **телескоп**? Разве он не собирает с большой площади своего глаза-объектива «урожай» световых лучей от далекой-далекой звезды? Фокусируя их с помощью вогнутого зеркала, он усиливает светимость звезды и позволяет нам ее разглядеть.

Или, наоборот, если в **фокусе** подобного зеркала разместить источник света, к примеру, свечу или лампочку, то их лучи, отразившись от зеркала, выйдут из него ровным и мощным пучком. Ну-ка, вспомните, где это применяется? Верно, в карманных фонариках, в прожекторах электричек и стадионов, на маяках, в фарах автомобилей.

А если направить лучи не на вогнутую, а на выпуклую сторону зеркала? Легко догадаться, что тогда лучи будут не собираться вместе, а, напротив, рассеиваться. Какой при этом получается эффект, вы можете обнаружить, если посмотритесь в блестящий выпуклый бок самовара или в зеркальный новогодний шарик.

Выпуклые зеркала, используемые водителями, позволяют расширить, как говорят, сектор обзора — в них видно больше предметов. А, может, вам попадались такие зеркала на перронах станций метро у головного вагона?

КАК УВИДЕТЬ ДНО РЕКИ... НАД ГОЛОВОЙ?

Не замечали ли вы одно занятное явление? Осень, с деревьев опала листва. Прошел дождь, сгустились сумерки, зажглись уличные фонари. И вот если вы посмотрите на какой-нибудь из них сквозь дерево с мокрыми голыми ветками, то увидите интересную картину. Фонарь словно окружен светящимися ломаными кольцами.

Еще одно наблюдение. В лунную ночь на тихой глади реки или озера мы увидим **отражение** нашей спутницы, похожее на пятно — как в **плоском зеркале.** Но если по воде побежит рябь или начнется волнение, то от-



ражение Луны растянется в длинную световую дорожку. Отчего это происходит?

Два разных случая имеют одно объяснение. И мокрые ветки, и скаты волн представляют собой не что иное, как изогнутые зеркала. Обязательно на них найдутся такие места, где луч от **источника света,** отразившись, попадет нам в глаза. Вот и получается, что каждая веточка и каждый горб волны будто наводят на нас световой «зайчик». Но веток и волн много, «зайчиков» — тоже, они и выстраиваются то кругами, то дорожками.

Почему блестят воздушные пузыри под водой? Это — тоже **отражение света,** только теперь падающего на пузырь со стороны воды. Вспомните, может быть, когда вы ныряли в реке или бассейне, вам приходилось видеть, глядя на поверхность воды снизу, отраженное в ней дно. Это такой же случай, как и с пузырем. Лучик света, идя из воды, не может вырваться в воздух и отражается обратно в воду. Такое явление называется **полным внутренним отражением.**

ОТЧЕГО РАССЕИВАЕТСЯ СВЕТ?

Почему поверхности одних предметов отражают свет хорошо, а других — так себе? Почему одни выглядят зеркальными, а иные — матовыми? Наверное, дело заключается в том, насколько хорошо эти поверхности отполированы.

Действительно, посмотрите внимательно на устройство самого обычного **зеркала.** Ведь это не что иное, как плоское стекло, покрытое с одной стороны ровной, будто отшлифованной металлической пленкой. Благодаря стеклу, эта поверхность металла может долго сохраняться плоской и отлично выполнять роль, как говорят, **прямого зеркала.**

А теперь взглянем на плоскость фанерной двери, окрашенной белой краской. Поверхность двери, конечно же, кажется нам светлой, но согласитесь, что никакого зеркального эффекта нет.

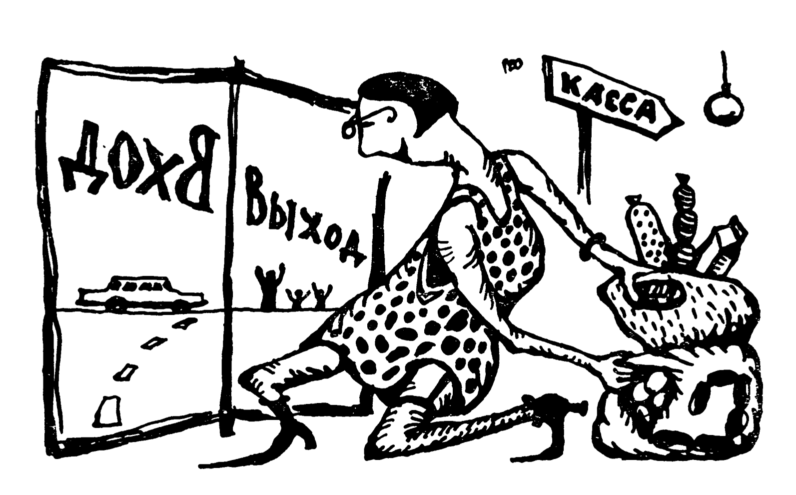
Всмотревшись, а еще лучше поводив пальцем по поверхности фанеры, мы убедимся в ее шероховатости. Значит, падающий на нее свет, разумеется, частично отражается, но — как попало, в разные стороны. Иными словами, свет рассеивается.

Так рассеивают солнечный свет облака, особенно в пасмурную погоду, так рассеивает свет лампы, «смягчая» его, **матовый шар.** Но почему мы сказали — *частично* отражается? А надо не забыть о том, что свет может и поглощаться. Для примера скажем о том, что хорошее зеркало даже в ясный жаркий день не нагреется, отразив почти все солнечные лучи. А белая ткань, несмотря на то, что рассеет, отразит в разные стороны многие из падающих на нее лучей, часть из них все же поглотит и немного нагреется. А уж про темную ткань и говорить не приходится.

«А НЫНЧЕ... ПОГЛЯДИ В ОКНО...»

Действительно, выглянем-ка в окошко. Если **стекла** в нем чистые, то мы их и не заметим. Обнаружатся они в том случае, если на них будут какие-то пятна или царапины. Выявится присутствие оконного стекла и тогда, когда оно некачественно изготовлено. Что имеется в виду? Поверхность стекла неровная, волнистая, оно местами имеет разную толщину. А бросится нам это в глаза из-за искажения предметов, рассматриваемых через стекло.

Выходит так, что если обе поверхности стекла — да и не только его, а и любого прозрачного вещества — были бы идеально ров-



ными и толщина была бы везде одинакова, то оно было бы невидимым. Ведь случается, что люди натыкаются на прозрачные окна и двери. И поэтому, чтобы «выдать» их присутствие, стоит на них наносить какие-то рисунки или надписи. Но отчего же стекла «исчезают»?

Свет, падая на прозрачную пластинку, проходит через нее, все-таки «ощущая» ее присутствие. В толстых пластинках можно обнаружить **смещение светового луча**, и тем большее, чем они толще. Однако смещенный луч продолжает идти в прежнем направлении. Как будто поезд перешел с одного пути на параллельный путь, двигаясь в ту же сторону. Может быть, вы видели подобную картину на вокзалах — так, изгибаясь, переползает с пути на путь электричка.

Благодаря этому световые лучи, идущие к нам от различных предметов, после прохождения через плоское стекло чуть-чуть сместятся, но все вместе. Поэтому и предметы будут казаться нам такими же, как и прежде.

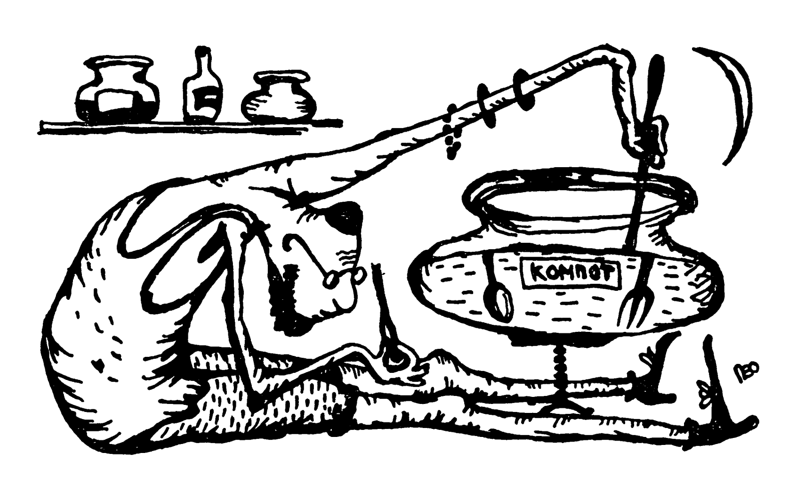
ПОЧЕМУ «ВСПЛЫВАЕТ» МОНЕТКА?

Что все-таки происходит со световым лучом внутри оконного стекла? Почему лучики смещаются? А давайте взглянем на границу между воздухом и стеклом. То же самое, кстати, мы будем видеть и на границе между

воздухом и водой — ведь и стекло, и вода прозрачны.

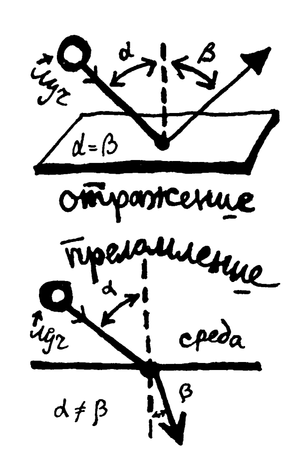
А наблюдать нам придется любопытные вещи. Разве вам не казалось, что ложка, опущенная в стакан с водой, будто бы переломилась? «Ломаются» и шест, воткнутый в дно реки или озера, и даже наши руки, опущенные в ванну с водой.

Еще один интересный опыт. Положите на дно пустой фарфоровой чашки или эмалированной кружки монетку. Поставьте чашку на стол и сядьте так, чтобы край чашки скрывал монетку от вас. Теперь тихонько подливайте в чашку воду. В какой-то момент монетка начнет «всплывать». Заполнив же чашку водой, вы сможете увидеть ее целиком.



Какова же разгадка этих «фокусов»? Дело, видимо, в том, что лучики, отраженные монеткой, при переходе из воды в воздух преломляются. И, попадая в глаз, создают впечатление, что монетка находится выше, чем на самом деле.

Но давайте подумаем: а если лучи побегут обратно, из воздуха в воду, разве они не пойдут по тому же самому пути? Опыт показывает — да, пойдут. Значит, лучик, падающий из воздуха в воду или стекло, преломится в одну сторону. А вновь выходя в воздух, как в оконном стекле, преломится, на столько же выправив свою траекторию, в другую. Поэтому-то он и пойдет в прежнем направлении.



Случай с кажущимся подъемом предметов в воде и действием плоских прозрачных пластинок объясняется с помощью закона преломления света. Он связывает между собой углы, под которыми лучи света падают на границу прозрачных тел, с углами, под которыми они преломляются.

КАК ЛУЧИК МОЖНО ПОВЕРНУТЬ?

Лучше всего преломление света можно наблюдать в так называемой призме. Это уже не плоская пластинка из прозрачного вещества, а сделанная в виде клина.

Посмотрите сбоку на острие топора. Вы заметите, что оно имеет клинообразную форму треугольника. Такую же форму будет иметь в сечении, скажем, стеклянная **призма.** Луч, падающий на одну из ее граней, преломится затем дважды — на входе в стекло и на выходе. Видно, что выходящий луч отклонится от начального направления в сторону третьей грани или, как еще говорят, в сторону основания призмы.

Закон преломления света позволяет точно рассчитать поведение луча в самых разных призмах. Лучи могут отразиться от внутренней поверхности стекла и повернуть назад, поменяться местами или отклониться на какой-то нужный нам угол. Выяснилось, что одни прозрачные вещества преломляют свет сильнее, другие — слабее. Это также учитывается при конструировании оптических приборов с применением призм.

Например, можно построить **перископ** не с помощью зеркал, а используя призмы. А как вы думаете, что находится внутри полевого **бинокля?** Ведь глядя через него, мы как бы расставляем глаза. И чтобы лучи света попали в конце концов в них, им внутри би-

нокля приходится бежать по ломаной линии. А меняют их направление опять же призмы.

Вот еще хорошо знакомый вам пример — **катафот**, или уголковый отражатель. Его укрепляют сзади на велосипедах или на спицах колеса. Рассмотрите его внимательно, и вы увидите множество маленьких призмочек, отражающих падающий на катафот свет в обратном направлении.

ПОЧЕМУ СВЕРКАЮТ АЛМАЗЫ?

Отчего так красив блеск драгоценных камней? Конечно, вы обращали внимание, что эти камушки прежде всего — прозрачны, хотя имеют разную окраску. Также обладают они большим числом граней. Вслушаемся в эти слова — грань, граненый, огранить. Вы сразу вспомните, чем отличается обычный тонкий цилиндрический стакан от граненого. Ну, и где больше игры света?

Выходит, если мы хотим сделать прозрачный предмет возможно более сверкающим, нам надо создать на его поверхности как можно больше граней. Вот на природных драгоценных камнях, форма которых «груба» и зачастую довольно некрасива, и нарезают небольшие грани. **Алмаз**, добываемый под землей, превращается в бриллиант — одно из самых ценных ювелирных изделий, — когда его поверхность обретет несколько десятков граней. Огранке

подвергают и хрусталь, украшая изделия из него искусной гравировкой.

Во всех этих случаях яркая игра света создается за счет многократных преломлений и отражений падающих на ограненные предметы лучей. А в каких-то ситуациях знание законов отражения и преломления света на гранях позволяет сделать точнейшие измерительные устройства.

Известна еще одна особенность отражения от внутренних граней в кристалликах драгоценных камней. Оно происходит более полно, чем отражение в специально производимых металлических зеркалах. В первом случае практически не теряется энергия падающих лучей, а во втором всегда некоторая ее доля поглощается.

КУДА ОТКЛОНЯТ ЛИНЗЫ ЛУЧ?

Мы, безусловно, уверены, что вы никогда не занимались таким скверным делом, как выжигание **лупой** на парковых скамейках. Ведь неприятно, правда, когда деревянные скамьи напоминают выставку малопривлекательных художеств? А вот дома на фанерке или на доске — выжигайте себе, пожалуйста.

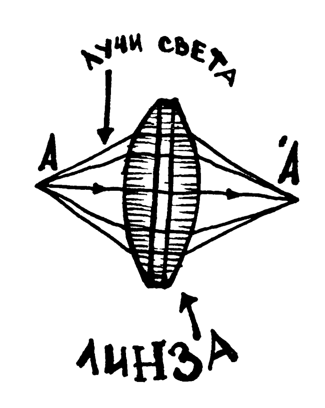
Это действительно очень интересный процесс. Отнюдь не всякое стеклышко годится для выжигания. Почему, скажем, для этого берут лупу? А вы посмотрите на нее сбоку. По краям, где она утоньчается, она напоми-



нает треугольную **призму**. Ага, значит падающие на нее с одной стороны лучи света после преломления будут отклоняться к ее толстой части, к серединке. Вот и получается, что такая лупа, или, как еще ее называют, **линза**, соберет, сфокусирует лучи. Поэтому-то и можно с ее помощью собрать солнечный свет в маленькое яркое пятнышко, да еще так, что в нем загорится бумага или задымит, обугливаясь, дерево.

Не похоже ли это на действие **вогнутого зеркала**? Конечно, — причем законы, описывающие ход лучей в линзе и зеркале, будут абсолютно одинаковы.

Но ведь зеркала могут не только собирать, но и рассеивать свет. А **линзы**? И среди них есть как **собирающие**, типа лупы, так и **рассеивающие**. Легко, наверное, догадаться, что у рассеивающих линз серединка будет тоньше, чем ее края. Иногда это различие можно обнаружить на ощупь, например, проводя с двух сторон пальцами по стеклам очков.



КАК СНИМАЕТ ФОТОАППАРАТ?

Сейчас, когда у каждого есть фотоаппарат, трудно представить, как люди могли обходиться без него. Однако еще около 1000 лет назад был известен прибор, который называется «камера-обскура». Выглядел он как ящик с дыркой на одной из стенок. Направив это отверстие на какой-либо хорошо освещенный предмет, на противоположной стенке можно было получить его перевернутое и уменьшенное изображение. Такая камера использовалась для того, чтобы проецировать изображение на бумагу и обводить его карандашом. Получалась довольно точная графическая копия предмета.

В XVI веке в отверстие стали вставлять линзу — объектив. Меняя ее размеры и сорт прозрачного вещества, добивались более четких изображений. Однако должно было пройти еще три столетия, чтобы их научились фиксировать и подолгу сохранять.

В течение XIX века шло кропотливое усовершенствование фотографии. И вот немногим более 100 лет назад появилась камера Кодака. Ею можно было делать до 100 снимков на пленку, с которой затем получали весьма неплохие отпечатки.

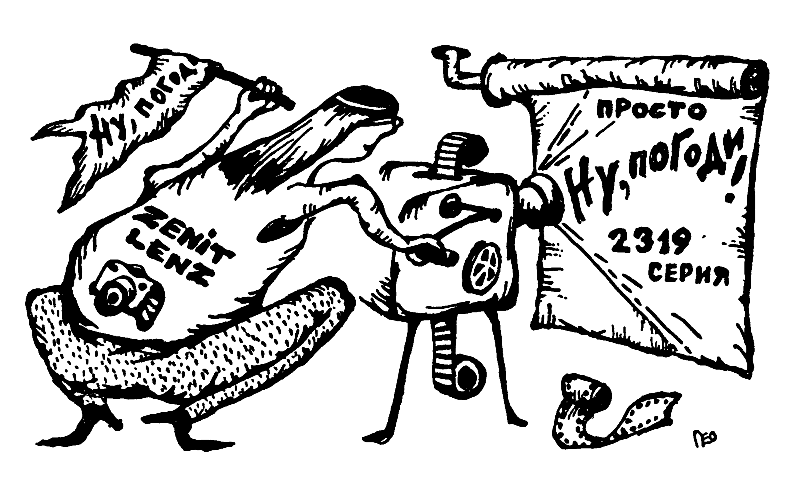
В современных фотоаппаратах, какими бы сложными ни были их объективы, используется тот же старый принцип камеры-обскуры. После прохождения световыми лучами оптической системы из нескольких линз, на пленке «рисуется» маленькое изображение предмета, причем вверх ногами. Вы можете убедиться в этом, если откроете заднюю крышку аппарата и посмотрите на что-нибудь вокруг себя через его объектив.

НА ЧЕМ ОТПЕЧАТАТЬ ФОТОГРАФИЮ?

Каким образом получают фотокарточки с заснятой и проявленной пленки? Если вам приходилось видеть черно-белую пленку, то вы обращали внимание, что все изображено

на ней в обратных цветах. Белое платье вашей одноклассницы будет на пленке черным, а бутылка с темной пепси-колой в руках у вашего приятеля покажется на пленке светлой «Фантой». Теперь, чтобы вернуться к нормальной расцветке, надо провести как бы фотографирование наоборот.

Не доводилось ли вам иметь дело с фотоувеличителем? Главная его часть — это **собирающая линза.** Над ней помещают пленку и просвечивают ее лучами от лампы. С другой стороны, внизу, кладут фотобумагу, которая «работает», как пленка. Тогда упавший на нее свет «нарисует» темные пятнышки, а места, куда он не попадет, останутся светлыми. Такой двойной процесс приводит в конце концов к фотоснимку, отражающему реальность.



Что-то это все напоминает, скажете вы. Конечно, вы припомнили диафильмы, которые вам показывали в детстве на белом экране с помощью фильмоскопа. Или вы сталкивались со слайд-проектором, работающим по тому же принципу. Отличие лишь в том, что вместо фотобумаги лучи падают на отражающую поверхность, и все цвета диафильма или слайда сохраняются.

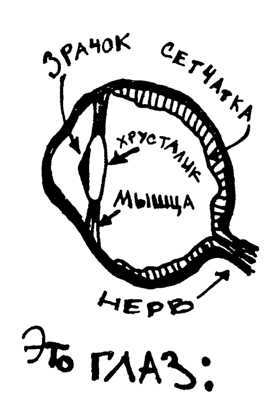
Поковырявшись в диапроекторах или эпископах — приборах для увеличения и проецирования изображений на экран, — вы всегда обнаружите в них наряду с зеркалами или призмами увеличительное стекло — линзу.

ВЕРНО ЛИ МЫ ВИДИМ МИР?

Почему говорят «наблюдать невооруженным глазом»? Чем же это его вооружают? Понятное дело, ответите вы, какими-нибудь оптическими устройствами, чтобы лучше что-то разглядеть или как можно дальше увидеть. А что, наш глаз сам по себе не на многое способен?

Конечно же, глаз — весьма совершенное и непростое устройство. Недаром благодаря зрению человек получает больше сведений об окружающем мире, чем с помощью всех остальных чувств, вместе взятых. Однако если

отнестись к глазу, как к оптическому прибору, то разобраться с ним будет нам, в общем-то, нетрудно.



Хотя все «детали» глазной системы важны, все же центральное место в ней занимает хрусталик. А ведь это просто **собирающая линза.** Ну, не совсем, конечно, простая: хрусталик способен, в отличие от стеклянной линзы, менять под действием глазных мышц свою толщину. Взгляните на облака или на далекий лес. Вы чувствуете, как ваш глаз расслабляется? А теперь придвиньте насколько можно книжку к своему носу. Ощутили, как глаз напрягся? То-то, это действуют глазные мышцы.

Таким образом хрусталик фокусирует световые лучи, добиваясь четкого изображения в глазу. В **фотоаппарате** же эту задачу решают, выдвигая или вдвигая линзу-**объектив.** Представляете, если б наши глаза действовали так же? Тогда они «вылезали бы из орбит», как у рака или Громозеки из мультфильма «Тайна третьей планеты». Однако

природа позаботилась о том, чтобы мы могли справляться с «наводкой на резкость» без выпучивания глаз.

Но в фотоаппарате, вспомните вы, изображение переворачивается. А у нас в глазу, если он работает как линза? Точно так же, хотя до **Леонардо да Винчи** не только простые люди, но и ученые никак не могли примириться с тем, что видят мир перевернутым. Это уже наш мозг научился правильно «считывать» с глаза световые сигналы.

«НЕТ ОЧКОВ У ТЕТИ ВАЛИ...»

Зачем человеку **очки**? Сегодня этот вопрос звучит странно, потому что чуть ли не большая половина людей пользуется очками или заменяющими их контактными линзами. Значит, мы испытываем в очках большую потребность. Но почему?

Если глазным мышцам не хватает сил, чтобы сфокусировать **хрусталик** на рассматриваемом предмете, изображение в глазу получается размытым. Ну, как в **фотоаппарате**, который плохо настроили на резкость. **Близорукие** люди не видят четко дальше какого-то, предельного для каждого из них расстояния. А **дальнозорким**, наоборот, недоступно резкое изображение близких предметов. Значит, к линзе-хрусталику нужно добавить помощника-очки. Запомните, они не

вылечивают, а только временно, пока их носят, подправляют дефекты зрения.

Близорукому человеку необходимы в очках **рассеивающие** или, как их еще называют, отрицательные **линзы**. После преломления в них световые лучи, идущие от далеких предметов, кажутся исходящими из ближних точек. И глаз воспринимает их, не напрягаясь. Подобная картина наблюдается в **собирающих**, или положительных, линзах для дальнозорких. Только там очки «перековывают» лучи от близких предметов в будто бы идущие издалека.

История создания очков начинается где-то в XIII—XIV веках. Во всяком случае, известен портрет кардинала в очках, написанный



в 1352 году в Италии. Интересно, как, в соответствии с модой, менялся внешний вид очков. Лорнет, монокль, пенсне — каких только не было изобретений! Но оптический принцип действия очков оставался неизменным.

ПОЗНАКОМЬТЕСЬ С БАКТЕРИЕЙ!

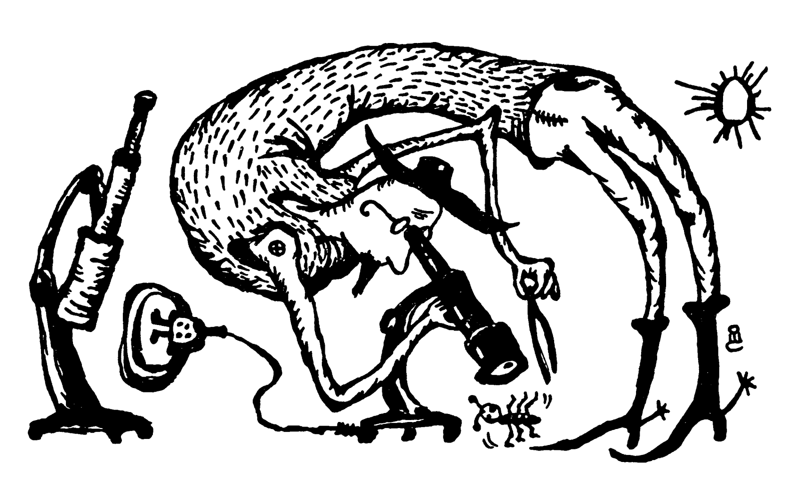
А можно ли нормальным, здоровым глазом разглядеть бактерию? Увы, нет, не приспособлено для этого наше зрение. Ну, а если воспользоваться хорошей **лупой?** Конечно, она способна дать большое увеличение, но и ее недостаточно для таких крохотных тел, как бактерия. Что же делать?

Когда стали появляться хорошие по качеству и разнообразные по форме **линзы,** а это было около 500 лет назад, можно было попробовать «поиграть» с ними, покомбинировать. Видимо, кто-то в это время обнаружил, что система из двух линз способна дать большее увеличение, чем каждая из них в отдельности. Авторство этого открытия обычно приписывают итальянцу Г.Галилею. Иногда «отцом» **микроскопа** называют голландца **А.Левенгука.** Но достоверных сведений о первооткрывателе нет.

Принцип действия микроскопа заключается в том, что первая линза, направленная на исследуемый предмет, создает его увели-

ченное изображение. Другая линза, словно подхватывая световые лучи от первой, вторично увеличивает это изображение. В результате малюсенький предметик (недаром говорят — микроскопический) вырастает в своих размерах в тысячи раз. Представляете, каким было удивление того же Левенгука, увидевшего в микроскоп дотоле никому не известную жизнь, протекающую в мире мельчайших организмов!

Но и оптический микроскоп имеет свои пределы увеличения. Ему на помощь в XX веке пришел так называемый **электронный микроскоп**, работающий, правда, на совершенно иных принципах. Зато в него можно «разглядеть» даже отдельные молекулы.





Антони ван Левенгук (1632—1723) — голландский натуралист. Внес свое имя в летописи науки как один из основоположников микроскопии. Изготавливал сильные увеличительные стекла, благодаря которым смог сделать ряд важнейших открытий в биологии. Впервые наблюдал бактерии, обнаружил движение мельчайших телец в кровяных сосудах.

КАК СДЕЛАТЬ ЗВЕЗДЫ БЛИЖЕ К НАМ?

На далекие небесные тела человек давно глядит «вооруженным» глазом. Да и не только на небо. Пытаясь разглядеть удаленные предметы, люди сотни лет назад обнаружили, что некоторые комбинации линз словно приближают их к нам. Вставив эти линзы в длинную трубку, получили то, что называется подзорной трубой. Затем, соединив две такие трубы, изобрели бинокль.

Направив подзорную трубу в небо, можно заметить, что звезды будто стали ближе к нам. А в сильные трубы различаются такие слабые звездочки, которые обычно глаз не видит. Выяснилось, что чем больше размер

входной линзы — **объектива**, тем острее становится «глаз» подзорной трубы. Встала задача изготовления больших линз, а трубы для астрономических наблюдений стали называть **телескопами.**

Изготовлять вручную линзы было нелегкой задачей. Чтобы получить качественное изображение, поверхность стекол необходимо тщательно шлифовать. Этим не стеснялись заниматься и великие ученые. А.Левенгук собственноручно делал превосходные микроскопы. Г.Галилей и И.Ньютон с необыкновенным терпением обрабатывали поверхности линз для телескопов.

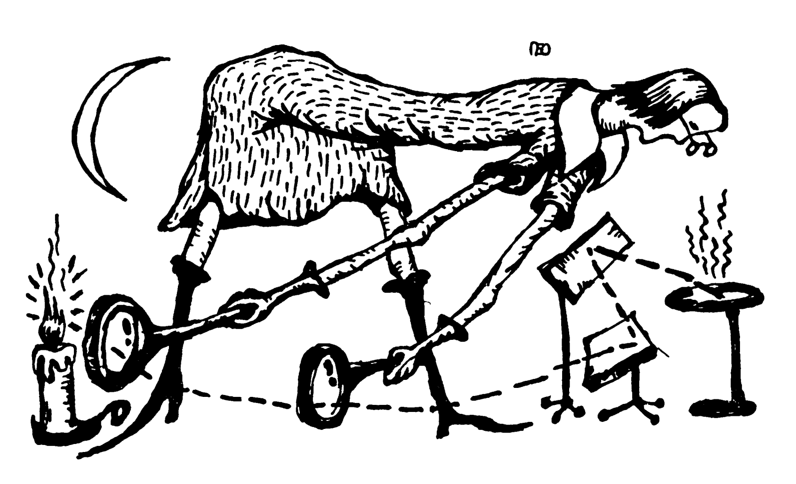
На сегодня наиболее крупные линзы, используемые в телескопах, доходят до одного метра в диаметре. Больших размеров трудно достичь, и поэтому выгоднее прибегать к **вогнутым зеркалам.** Самый большой телескоп-отражатель изготовлен в нашей стране, диаметр его зеркала равен 6 метрам.

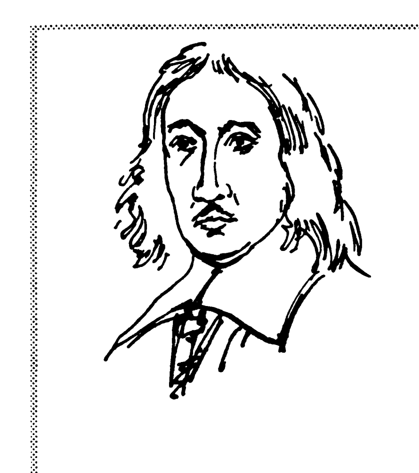
Телескоп или подзорная труба, конечно, отличаются от микроскопа, но не только своими размерами. Ход световых лучей от малюсеньких предметов в наш глаз через микроскоп напоминает то раскладывающийся, то складывающийся веер. А лучи, идущие от далеких земных предметов или от звезд и планет, подобны параллельным рельсам длинного железнодорожного пути. Эти особенности распространения лучей учитываются при конструировании телескопов.

МАЛЕНЬКИЙ ПРИНЦИП — БОЛЬШИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Законы отражения и преломления света сперва были получены опытным путем, благодаря огромному количеству повторяющихся наблюдений. А нельзя ли их вывести теоретически, без эксперимента? Зачем, можете спросить вы? Дело в том, что всякая наука потому и называется наукой, что не стремится стать архивом наблюдений и фактов. Она старается найти связи между этими фактами, то есть установить законы. И хорошо бы, если законов этих было как можно меньше.

Такие размышления, видимо, и привели в XVII веке знаменитого французского мате-





Пьер Ферма (1601—1665) — французский математик и физик. Предложил основной принцип геометрической оптики. Аналогия между этим принципом и принципами механики сыграла большую роль в дальнейшем развитии физики и в теории оптических инструментов.

матика **П.Ферма** к важному принципу. Из этого принципа все законы геометрической оптики выводились, как следствия. То есть принцип был более общим, чем найденные ранее законы, которые с тех пор можно было считать частными, не универсальными.

Идея этого принципа очень интересна. Ферма предположил, что во всех без исключения случаях, встречающихся в геометрической оптике, **световые лучи** идут по пути, который требует для своего прохождения наименьшего времени. Применяя этот принцип, можно сразу получить необходимые для оптических расчетов формулы.

Надо сказать, что многие революционные или парадоксальные идеи не новы. И у Ферма тоже был предшественник — древнегреческий ученый **Герон Александрийский**. В сво-

их трудах по оптике он уже формулировал подобные утверждения.

СВЕТ — ВОЛНА И СВЕТ — ЧАСТИЦА

Для того чтобы строить какие-то теории о свете, надо как-то вообразить себе, что же он из себя представляет. Великий **И.Ньютон** считал, что **свет** — это поток частичек, «корпускул», выстреливаемых, будто из пулемета, источником света. Другой точки зрения придерживался известнейший голландский ученый **Х.Гюйгенс.** Он полагал, что свет от источника распространяется в виде волн, подобных тем, что мы наблюдаем при падении камушка в воду. Кстати, именно Гюйгенс обратил внимание, что принцип Ферма о минимальном времени движения светового луча опирается на волновые свойства света.

Корпускулярная и **волновая теории света** поначалу не смогли мирно ужиться. В каких-то случаях они приводили к одинаковым результатам, порой опровергали друг друга. Между сторонниками двух точек зрения шли острые, иногда яростные дискуссии. Скажем, авторитет Ньютона был столь велик, что вплоть до начала XIX века корпускулярным языком описывали явления, явно противоречащие ньютоновской теории.

Начало прошлого столетия ознаменовалось поразительными открытиями. Опыты



Христиан Гюйгенс (1629—1695) — голландский физик, математик и астроном. Разработал волновую теорию света, выдвинул известный волновой принцип, названный его именем, объяснил многие оптические явления. В механике исследовал столкновение тел и вывел его законы, сконструировал первые маятниковые часы и создал их теорию. Установил постоянные точки термометра. Совершенствовал телескоп, с его помощью открыл кольцо Сатурна и его спутник Титан.

демонстрировали, что свет может огибать препятствия, усиливать или ослаблять себя, исчезать в непредвиденных местах и возникать там, где его не ждали. Объяснение таким переменам в его поведении оказалось возможным только в рамках волновой теории света. А к концу XIX века было получено надежное доказательство, что свет — не что иное, как электромагнитная волна.

Казалось бы, волновая теория одержала триумфальную победу. Но начало нашего века принесло новые открытия, заставившие ученых в каком-то смысле вернуться к воззрениям Ньютона. При объяснении новых фактов волновая теория была бессильна.

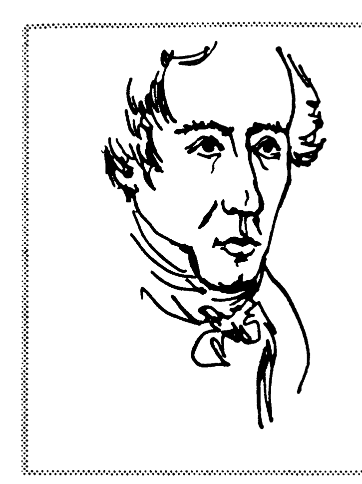
Так что же, свет — это все-таки частицы? Сегодня ученые считают: в каких-то случаях

он ведет себя как поток микроскопических частиц-корпускул, в других — как волна. Иначе говоря, ему присущи и те, и другие свойства.

КАК ИСЧЕЗАЕТ СВЕТ?

В каких случаях **свет** показывает себя как **волна?** В конце десятых годов прошлого века французские ученые были несказанно удивлены, когда молодой физик Огюстен **Френель** провел на их глазах любопытный опыт. Между источником света и экраном размещался непрозрачный диск. По здравому смыслу, на экране должна была получаться круглая тень. Френель, перемещая приборы, добивался того, что в центре тени появлялось светлое пятнышко. И наоборот, если пропускать свет через круглое отверстие, то при определенных условиях в середине светлого пятна образовывалась темная точка.

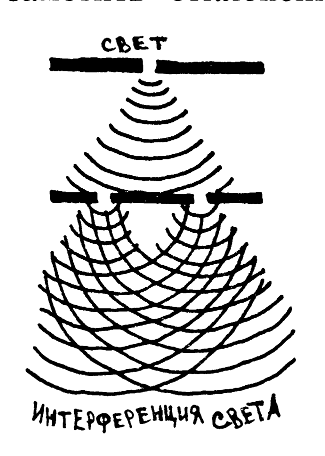
Объяснить эти чудеса могла только **волновая теория света.** Подобно звуковым волнам, способным огибать препятствия, световая волна в каких-то случаях может зайти за край, скажем, диска и попасть в зону тени. Почему же такие явления довольно часто наблюдаются для звука и намного реже — для света? Дело в том, что звуковые волны обладают значительно большей длиной — расстоянием между своими «горбами», это примерно метры. Значит, на препятствиях таких



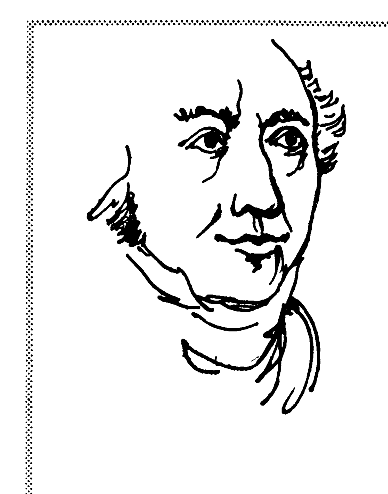
Огюстен Френель (1788—1827) — французский физик. Экспериментируя с помощью примитивных средств, достиг великолепных результатов в оптике. Развил учение о свете, дополнил принцип Гюйгенса. Разработал теорию дифракции — явления, при котором свет огибает препятствия. Доказал поперечность световых волн. Изобрел ряд оптических приборов.

размеров и будет наблюдаться огибание звуковых волн.

А вот длина световых волн чрезвычайно мала — они меньше миллионных долей метра. Вот такого размера отверстия или препятствия и позволят заметить отклонение световых лучей от прямолинейной траектории.



Например, классический опыт провел в 1802 году англичанин Т.Юнг. Проделав в непрозрачном экране две близких дырочки с помощью тонкой булавки, он осветил их солнечным светом, прони-



Томас Юнг (1773—1829) — английский ученый. Работал в различных областях естествознания, но более всего известен как физик. Один из создателей волновой оптики. Объяснил «настройку» глаза изменением толщины хрусталика, явление усиления и ослабления звуковых и световых волн. Разрабатывал теорию цветного зрения. Также исследовал упругие деформации.

кавшим в комнату через маленькое отверстие в шторе. И что же? Вместо двух ярких точек за экраном наблюдалось чередование темных и светлых колец.

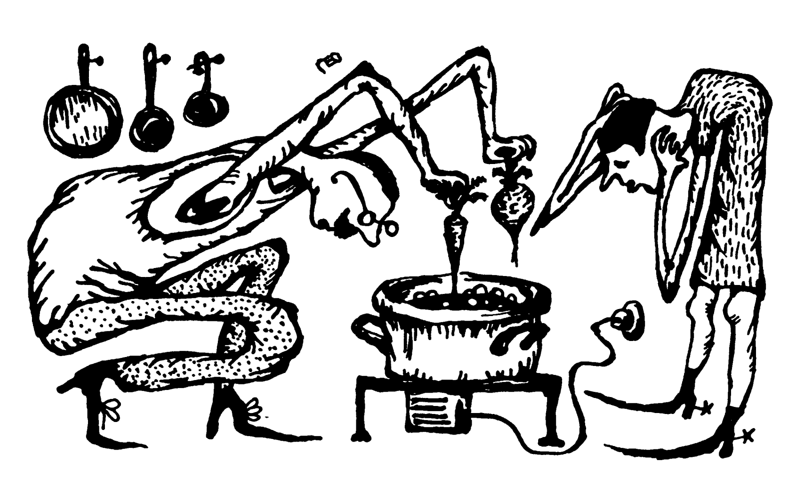
Объяснить это явление можно было, считая, что световые лучи, загибаясь в дырочках, накладываются друг на друга, то усиливая себя, то ослабляя.

КТО «ОТВЕЧАЕТ» ЗА ЦВЕТ?

Вы нырнули в бассейн, а на его краю остался ваш приятель в красных плавках и голубой купальной шапочке. Какого цвета будут они казаться вам из-под воды? Неожиданный вопрос, правда? Кажется, что в нем есть подвох. Но сколько ни ныряй, всякий

раз красные плавки останутся красными, да и шапочка не изменит свой цвет. Что же тут выяснять?

Да дело в том, что если считать **свет** волной, то хорошо бы узнать, какая его характеристика отвечает за **цвет**. Длина волны? Скорость? Частота? Оказалось, что при переходе в более плотную прозрачную среду свет как бы тормозится, скорость его падает. Вместе со скоростью ровно во столько же раз уменьшается длина световой волны. И если бы эти характеристики «взяли на себя ответственность» за цвет, то мир предстал бы перед нами в искаженных цветах. Ну, подумайте, вы бросаете в кастрюлю с водой ярко-



красную морковку для варки, а она, «нырнув» на дно, вдруг стала синей или еще хуже, серо-буро-малиновой. Захотелось бы съесть такую морковку?

Итак, не скорость и не длина волны. Остается частота. Да, именно эта волновая величина определяет цвет световых лучей. Она будет неизменной для каждого цвета, где бы лучику ни пришлось путешествовать — в **линзах**, в стеклах, **в призмах.** Заметьте, что если длина световых волн ничтожно мала, то частота — невероятно огромна. Составляет она примерно миллион миллиардов колебаний в секунду. Самая большая частота световых волн — у фиолетового цвета, а самая маленькая — у красного.

ПОЧЕМУ НЕБО ГОЛУБОЕ?

А вот и неправда. Если смотреть прямо на **Солнце** над головой, мы в этом месте видим его белый свет. Оказавшись на безвоздушной **Луне,** мы наблюдали бы совершенно черное небо. Значит, дело в **атмосфере,** причем она — не голубое стеклышко, иначе сквозь нее Солнце виделось бы тоже голубым. Остается сделать вывод, что цвет неба определяется рассеянием солнечных лучей в атмосфере, причем лучше всего рассеиваются и попадают нам в глаза именно голубые лучи.

А почему же Солнце выглядит на закате красным? В этом случае путь его лучей в атмосфере более длинный, чем днем. Все больше голубых лучей рассеивается на этом пути, а оставшиеся создают впечатление оранжево-красного цвета.

Выходит, что самого по себе белого цвета нет. Это смесь, набор лучей всех известных нам цветов, то есть лучиков с различными длинами волн, попадающих в световой видимый диапазон. Цвета всех предметов определяются тем, какие из этих лучиков рассеются или поглотятся, а какие — отразятся или пройдут дальше и попадут в наш **глаз**.

Например, если мы говорим — синяя ткань, то это значит, что материал ткани поглотил все цвета, отразив лишь лучики с **длиной волны**, соответствующей синему цвету. Или же, глядя вокруг через **очки** с красными стеклами, мы воспримем глазом лишь те лучики, какие стекла пропустят, то есть красные. Остальные цвета стекла очков поглотят.

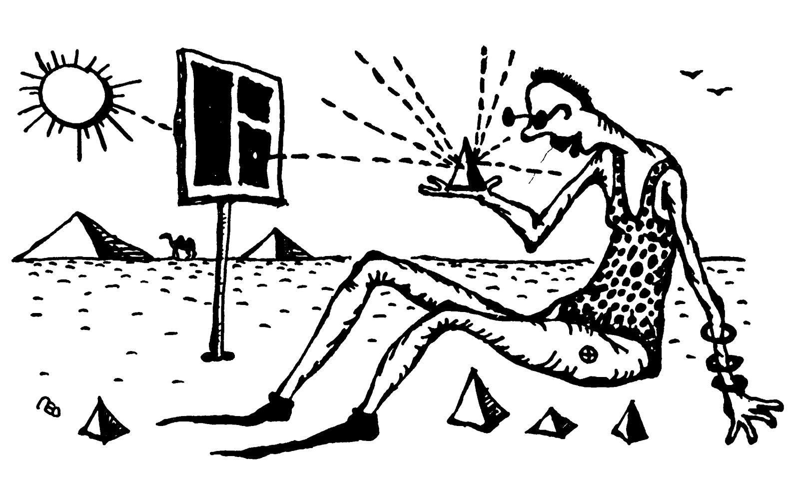
Наш глаз неплохо различает все оттенки цветов, но более всего он чувствителен к зеленому. А вот **фотобумага** для черно-белой печати, в отличие от **фотопленки**, чувствительна ко всем цветам, кроме красного. Поэтому фотопленку надо защищать от любого облучения, а процесс фотопечати можно проводить при свете красной лампы.

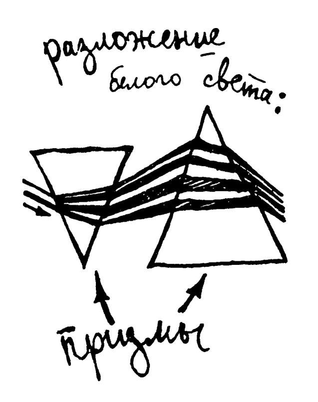
Если вы бывали в фотолабораториях, то, может быть, замечали, что все в них видится

либо в красном, либо в черном цвете. Как вы думаете, почему?

ЧТО ТАКОЕ РАДУГА?

Вы, конечно, любовались видом **радуги**, возникающей в небе после дождя. Отчего же появляется такая красивая, да еще цветная картина в воздухе? Однако тут мы не совсем точны, в чистом воздухе никакой радуги не было бы. Образуется она благодаря мельчайшим капелькам воды, поэтому и бывает лишь после дождя. Заметьте, что чаще наблюдать радугу удается, когда Солнце невысоко над горизонтом, а вы располагаетесь спиной к нему и лицом к «уходящему» дождю.

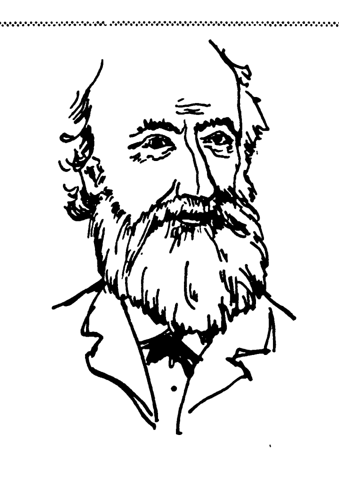




В чем причина появления цветов на небосклоне? Преломляясь в крохотных прозрачных капельках воды, **белый свет** испытывает, как говорят, разложение в **спектр**. И тогда становится совершенно ясно, что состоит он из набора цветов. Получить радугу можно, как это сделал И.Ньютон, в «домашних» условиях. Через маленькое отверстие в ставне или шторе нужно пропустить узенький **пучок света**. Если на его пути поставить стеклянную треугольную **призму**, то преломившиеся в ней лучи выйдут уже разделенными на цвета. Это будет хорошо заметно на противоположной окну стене.

Явление, описанное сейчас, получило название дисперсии света. Радужная полоска, именуемая спектром, показывает, что сильнее всего преломляются призмой фиолетовые лучи, а меньше всего — красные. Получение спектров от различных светящихся тел породило целую отрасль науки и техники — **спектральный анализ.**

Выяснилось, что каждое вещество испускает и поглощает вполне определенные цве-



Густав Кирхгоф (1824—1887) — немецкий физик. Работал в самых различных областях. Открыл закономерности, легшие в основу теории электрических проводников. Указал на сходство распространения электрических и световых волн. Установил один из основных законов теплового излучения. Важное его достижение — разработка метода спектрального анализа, с помощью которого открыл два новых металла. Этот метод до сих пор играет огромную роль в науке и технике.

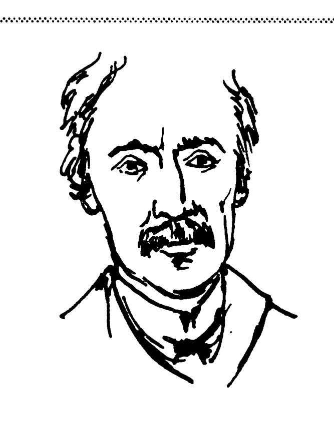
товые лучики. И если мы сравним спектр, например, от раскаленного грунта, доставленного с Луны, с известными, эталонными спектрами, то сможем узнать, из чего этот грунт состоит. По спектру расплавленного металла, который только что «сварили», можно распознать, какие химические добавки ему нужны, а каких — избыток.

Специальные приборы — спектроскопы, — основной деталью которых является призма, нашли широкое применение в самых разных областях. Скажем, с их помощью смогли на расстоянии определить химический состав звезд. Одним из поразительных открытий спектроскопии было обнаружение на Солнце неизвестного химического элемента, который значительно позже нашли на Земле. Его и назвали в честь Солнца — гелий.

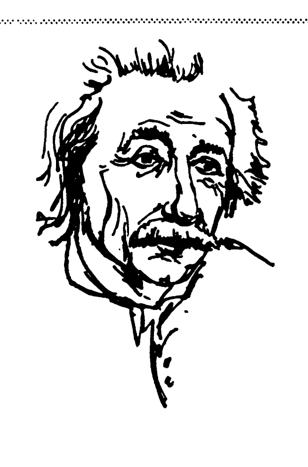
КАК БЫСТРО БЕГАЕТ СВЕТ?

Да так и бежит — со **скоростью света**, иначе вроде и не скажешь. А какова эта скорость? Измерить ее пытались очень давно. Изобретали остроумные способы, пытаясь даже «включить» в экспериментальные установки другие планеты. Было ясно, что скорость эта невероятно велика, поэтому измерять ее нужно на больших расстояниях.

Первые же более или менее удачные попытки привели к результатам, говорящим о сотнях тысяч километров в секунду. Все более точные методы измерения позволили установить на сегодня эту величину равной 300000 километров в секунду. Как бы ни была велика эта скорость, она не бесконечно большая. Значит, свет от далеких источников, например, звезд, может идти к нам не



Жан Фуко (1819—1868) — французский физик-экспериментатор. Разработал метод измерения скорости света и измерил ее в воздухе и воде, чем подтвердил волновую теорию света. При помощи маятника доказал вращение Земли вокруг своей оси. Изобрел гироскоп, нашедший широкое применение в технике.



Альберт Эйнштейн (1879—1955) — выдающийся физик-теоретик, один из создателей современной физики. Занимался основными проблемами фундаментальной науки, создающими основу для различных областей знания. Опубликовал работы по броуновскому движению, теории фотоэффекта. Создал квантовую теорию света, теорию теплоемкости твердых тел. Вершина его творчества — теория относительности, изменившая представления о пространстве, времени и материи; один из ее принципов — постоянство скорости света как предельной скорости передачи сигналов в природе. Установил взаимосвязь массы и энергии. Предложил новую модель Вселенной.

мгновенно, а столетиями, миллионами лет. И то небо, которое мы видим над головой, вовсе не соответствует реальному состоянию дел. Иначе говоря, каких-то звезд уже давным-давно нет на свете.

А вдруг и Солнце уже погасло? И до нас доходит давным-давно испущенный свет? Не волнуйтесь, от Солнца свет доносится до нас всего лишь за 8 с небольшим минут, так что про него мы все довольно быстро узнаем.

Скорость света, измеренная в разных прозрачных веществах, оказалась меньше той, с которой он распространяется в **вакууме** или воздухе. Знание этих скоростей позволило ус-

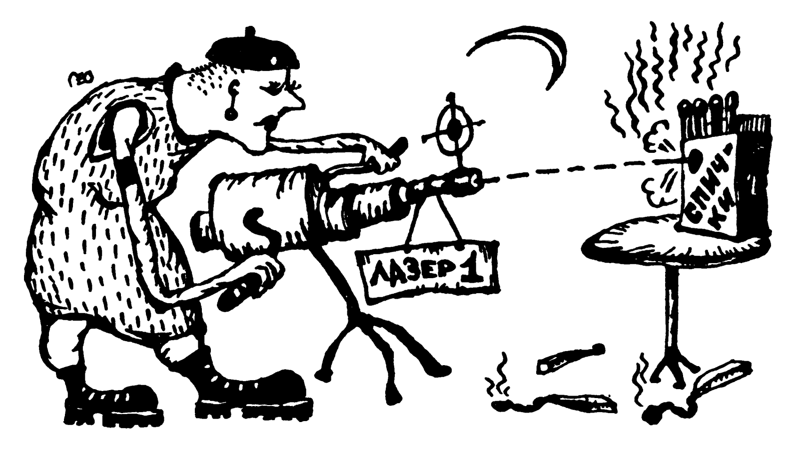
тановить причину преломления света: чем меньше скорость света в среде, тем больше он ею преломляется.

Когда английским физиком **Дж.Максвеллом** было предсказано существование электромагнитных волн, он считал, что свет — одна из их разновидностей. Так оно потом и подтвердилось в экспериментах. Радиоволны, тепловые (инфракрасные), световые, ультрафиолетовые и рентгеновские лучи — близкие родственники. Распространяются они в вакууме с одной и той же скоростью — скоростью света, а различаются лишь длиной волны или частотой.

МОЖНО ЛИ УСИЛИТЬ СВЕТ?

Линзами и зеркалами можно, конечно, достаточно сильно сконцентрировать свет. Но все-таки, как бы мы ни преломляли и отражали лучи оптическими приборами, «сгустить» их в достаточной мере не удается. И лишь во второй половине нашего века люди научились усиливать свет, но только совершенно другим способом.

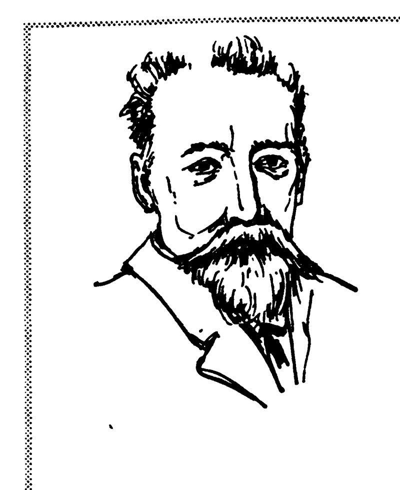
Если взять довольно большой кристалл рубина — прозрачного минерала, — то его в специальном устройстве можно «накачать» **световой энергией** яркими вспышками особой лампы. В какой-то момент «насытившись», кристалл начнет сам испускать тоненький красный луч. В этом луче световая



энергия оказывается очень сильно сконцентрированной. Лучик способен прожечь любые материалы, в том числе и алмаз.

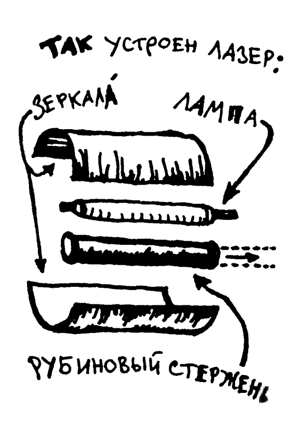
Такой прибор назвали **лазером** — усилителем света. Где только не применяют его сегодня! Были созданы различные типы лазеров для разных целей. Врачам лазерный луч пригодился как острый и стерильный скальпель. Геодезистам он помогает задавать точное направление при проведении, скажем, подземных работ. С помощью лазера была выполнена световая локация Луны и определено точное расстояние до нее.

Лучи лазера движутся строго в одном направлении, поэтому пучок света не расплывается вширь даже на больших расстояниях. Это позволяет применять его и как средство связи, когда сообщение можно передать хоть на другую планету.

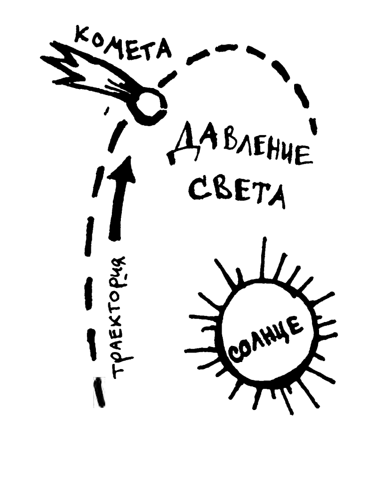


Петр Николаевич Лебедев (1866—1912) — российский физик-экспериментатор. Провел опыты на грани технических возможностей своего времени, но блестящие по результатам. Доказал существование давления света на твердые тела и газы, чем подтвердил электромагнитную теорию света. Создал устройства для генерации и приема электромагнитных волн и изучил их свойства. Исследовал земной магнетизм.

Если лазер может прожигать даже твердые материалы, значит, его луч переносит энергию в пространстве. Тогда он должен и сдвигать предметы, то есть прикладывать к ним силу. Это особенно хорошо заметно, когда вертикальный луч лазера удерживает и даже поднимает легкие шарики.



Выходит, свет оказывает давление? Да, причем это было показано почти 100 лет назад в работах русского физика П.Н.Лебедева. Он увлекся проблемой отклоне-



ния кометных хвостов солнечным светом. Создав оригинальную опытную установку, Лебедев смог измерить ничтожно малое **световое давление.** Оно оказалось в точности таким, какое ранее предсказал в своей теории английский физик Дж.Максвелл.

КАРТИНКИ НЕСУТСЯ СО СКОРОСТЬЮ СВЕТА

Фотография позволила людям «законсервировать» свет, «остановить мгновение». Но полученные с ее помощью изображения, к сожалению, неподвижны. Когда изобрели **киноаппарат,** движение, заснятое по кусочкам, по кадрам, затем можно было восстановить, просвечивая пленку. Сменяемые перед лампой кадры фильма, опять по частям, воспроизводили движущиеся предметы. Это напоминало быстрое чередование фотоснимков, когда глаз просто не успевал остановиться ни на одном из них.

Весь кинопроцесс заключался в съемке, обработке пленки и прокручивании ее кино-

аппаратом. Это было великое достижение, но и оно не могло донести изображение из одного места в другое в тот же самый момент. Для этого надо было изобрести **телевидение.**

Оно заметно опаздывало по сравнению с фотографией и кино. Для его становления потребовалось немало открытий в области химии, электричества и оптики. Первая практическая передача изображения по проводам осуществилась лишь в 1923 году. Это были еще весьма несовершенные «картинки». Однако в 20—30-е годы удалось сконструировать такие камеры, которые могли фиксировать изображения предметов и затем воспроизводить их на экране электронно-лучевых трубок, известных вам как кинескопы телевизоров.

Моментальный снимок предмета словно съеживался в ряд электрических импульсов, которые затем, подобно радиосигналам, передавались антеннами на расстояние. Приемное устройство расшифровывало информацию, приносимую электромагнитными волнами, и переводило ее в световую. Снимок за снимком с огромной скоростью переносились в пространстве, повторяя на экране телевизора все, что в то же самое время снимала камера.

Стоит ли говорить, чем стало сегодня для нас телевидение, видеомагнитофоны, видеотелефоны, видеокамеры. Электроника и оптика дали возможность человеку хранить и обмениваться как звуковой, так и зрительной информацией.

МИРАЖИ КОСМИЧЕСКИЕ И ЗЕМНЫЕ

Кажется, что любой ночью мы видим одно и то же небо. Все звездочки распределены по созвездиям, а все **созвездия**, словно материки на глобусе, неподвижно «приконопачены» к небосклону. Каково же будет ваше удивление, когда вы узнаете, что мы видим **звезды** вовсе не там, где они на самом деле. Почему, спросите вы?

Будь у нас возможность быстренько взлететь на ракете на высоту эдак километров двести, то мы обнаружили бы следующее. Картина звездного неба вроде бы осталась той же самой, но все созвездия словно разъехались по небесной карте, звездочки как бы отодвинулись друг от друга.

Дело в том, что, стоя на земле, мы будто находимся на дне воздушного океана — **атмосферы.** Наблюдение отсюда напоминает взгляд из-под воды на предметы, расположенные по берегам. Лучи света, идущие от звезд, проходя атмосферу, загибаются, непрерывно преломляясь во все более уплотняющемся воздухе. А глазу звезды будут казаться лежащими на прямой линии, то есть выше своего истинного положения.

Получается, что наблюдаемое нами звездное небо в каком-то смысле — **мираж.** Подобные миражи возникают и от земных предметов.

Например, раскаленный песок в пустыне или нагретый летом асфальт создают при на-

блюдении издалека видимость водной глади. А в ней дальние предметы отражаются, как в реке. Получается это потому, что теплый воздух у поверхности имеет меньшую плотность, чем холодный наверху. Бегущие издали световые лучи, преломляясь, загибаются теперь кверху, а потом попадают к нам в глаза.

ЧТО ОБЩЕГО У МЫЛЬНОЙ ПЛЕНКИ И ГОЛОГРАФИИ?

Вы, конечно, очень любите пускать мыльные пузыри. Как они красивы, как в них играет свет всеми цветами радуги! Похожие радужные разводы вам наверняка приходилось видеть и после дождя на стоянках машин. Это на поверхности луж расплылись масляные или бензиновые пятна.

Причина этих явлений в том, что солнечные лучи отражаются и преломляются как на внешней, так и на внутренней поверхностях тонких пленок. Тут они попадают в условия, когда различные цвета могут друг друга ослабить или усилить. Вот и возникает цветная радуга.

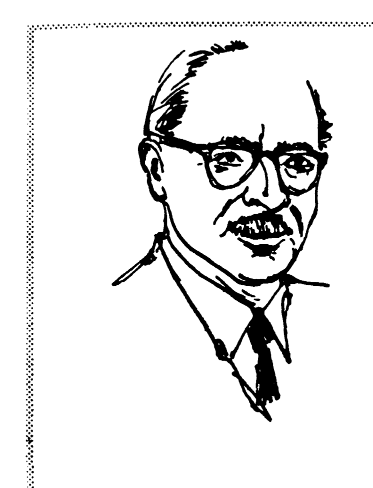
А теперь поговорим, казалось бы, о совсем другом. Вспомните фотографии, кинофильмы, показываемые на экране, да и наши телевизионные изображения — все они плоские. А ведь хотелось бы получить образы окружающих нас предметов как можно более похожими на оригинал, то есть объемными.



Мы же, смотря на мир двумя глазами, как бы ощупываем все с двух сторон. А наш мозг накладывает друг на друга два чуть-чуть не схожих изображения — и возникает эффект объемности.

А-а, скажете вы, нам это уже известно. Безусловно, вы имеете в виду детскую игрушку **стереоскоп.** В ней, глядя на каждый из двух слайдов своим глазом, вы получаете **объемное изображение** зданий, пейзажей, людей. Может быть, кому-то доводилось смотреть через специальные очки стереофильмы — там возникает похожий эффект.

Но при чем здесь мыльные пленки? А при том, что способность световых волн усиливать и ослаблять друг друга, как мы наблюдали это в мыльных пузырях, была взята на вооружение физиками при создании объемных изображений. Вы, вероятно, догадались, о чем идет речь, — о **голографии.**



Деннис Габор (1900—1979) — венгерский физик. Изобрел голографию — принципиально новый метод получения объемного изображения, основанного на интерференции — усилении и ослаблении света при наложении волн. Разработал теорию образования оптического изображения. Внес вклад в технику связи и теорию информации.

Ее рождение стало возможным лишь с появлением **лазера**. Его очень «организованные» лучи при отражении от предметов могли быть запечатлены на толстослойных фотопластинках. При облучении этих пластинок после проявки тем же самым лазерным лучом получали словно висящие в воздухе объемные изображения предметов. Сейчас с помощью голографии пытаются создать объемное кино и телевидение.

ДАВАЙТЕ ПОРАЗМЫСЛИМ

? *Где используют явление, о котором говорит пословица: «В течение дня тень не падает два раза на одно место»?*

О чем спрашивается в поговорке-загадке: «Чего с земли не поднимешь»?

Можно ли увидеть бегущий мимо нас световой луч?

Как изменяют ход световых лучей призмы и линзы?

Крупная колба, заполненная водой, может дать перевернутое изображение предметов. Почему?

Что произойдет со звездным небом, если смотреть на него из-под воды?

Почему светится светлячок?

Отчего, «когда солнышко на небе встает, звезды бледнеют»?

Почему мы плохо видим предметы «у себя под носом»?

Каков порядок цветов в радуге?

С чем связана примета: «Радуга — конец дождю»?

Рисунок сделан зеленой краской на белой бумаге. Какого цвета будет он казаться, если посмотреть на него через желтое стекло?

Какое явление подмечено в пословице:

«Волна, набежав на волну, набирает силу»?

ВЕЛИКИЕ И МАЛЫЕ МИРЫ



Какие лучи за краем радуги? 410
Чем сфотографировать наш скелет? 413
Какие лучи самые короткие? 415
Внутри волны — частица,
внутри частицы — волна 417
Как свет «выдергивает» электроны? 418
Портрет фотона: анфас и в профиль 420
Что такое радиоактивность? 422
Кто «сидит» внутри атома? 423
Кружиться? строго по правилам бора . . . 425
Рыбак рыбака видит издалека 428
«Из чего же, из чего же сделаны»... ядрышки 429
«Ядра — чистый изумруд...» 431
Как распадаются ядра? 432
Почему взрывается атомная бомба? 434
Как работает мирный атом? 436
Почему светит солнце? 438
Удастся ли укротить «термояд»? 440
Масса — это энергия? 442
Что такое аннигиляция? 444
Можно ли поймать кварк? 446
Отчего неуловимы нейтрино? 448
Хотите отправиться в будущее? 451
Что такое черная дыра? 452
Существует ли «формула мира»? 454
Давайте поразмыслим 458



Быть может, эти электроны -
Миры, где пять материков,
Искусства, знанья, войны, троны
И память сорока веков!

Еще, быть может, каждый
атом —
Вселенная, где сто планет,
Там все, что есть в объеме
сжатом,
Но также то, чего здесь нет.

В.Я.Брюсов

Эти стихи были написаны в начале 20-х годов нашего столетия. Время было бурное — прогремели войны, отбушевали революции. А происходили они не только в каких-то странах, с какими-то народами, но и в искусстве, литературе, науке...

Видимо, это и отразилось в произведении Брюсова. Заметьте, что при всей сногсшибательности его мыслей, слова **«атом»**, **«электрон»**, **«вселенная»** употребляются им как понятия уже знакомые, вошедшие в обиход. А ведь совсем незадолго до этого именно в мире мельчайших частиц и в мире огромных расстояний и времен случились фантастические события. Собственно говоря, миры эти оставались прежними — переворот произошел в умах людей, прежде всего ученых.

Начало века — пора рождения и становления новой, неклассической науки. Отсюда исходят две такие грандиозные ветви познания, как квантовая механика и теория относительности. С их помощью человек попытался ответить на одни из самых важных вопросов мироздания.

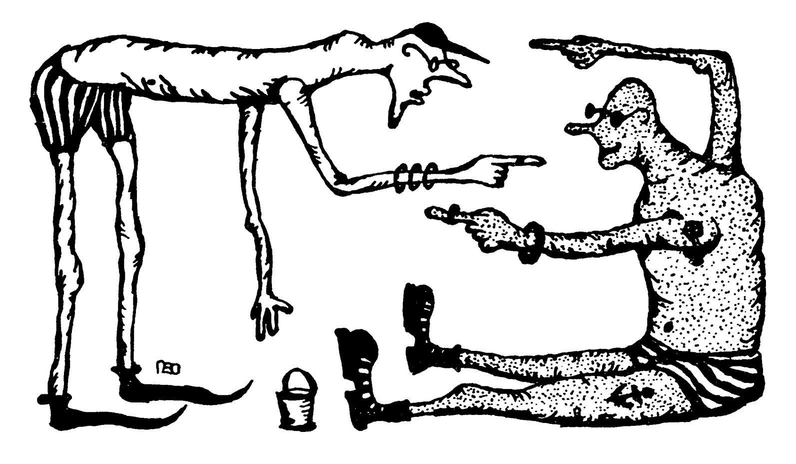
Что самое малое на свете? А что — самое большое? Как долго существует наш мир? Что с ним может произойти в будущем? Все ли мы видим на небе? Как заглянуть в глубины Космоса? Можно ли путешествовать во времени?

Ответы на эти вопросы часто получались такими, что сами ученые не могли поверить в то, что открыли. Поток невероятных событий и фактов, добываемых наукой, не иссякает и по сей день.

Давайте и мы попробуем немного из него зачерпнуть...

КАКИЕ ЛУЧИ ЗА КРАЕМ РАДУГИ?

Вы встретили своего товарища после летних каникул. И удивились: как загорел! А отчего наша кожа приобретает такой оттенок? Загораем-то мы, конечно, под солнечными лучами, однако знаем, что они не только делают нас коричневыми, но и греют. Различные действия оказывают на нас разные «сорта» лучей, бегущие от Солнца.



Тепловое воздействие в большей степени идет от невидимых **инфракрасных лучей.** Они потому так и называются, что примыкают к красной части видимого спектра. А загар зависит **от ультрафиолетовых лучей,** то есть тех, что расположены по другую сторону семицветной радуги, за ее фиолетовым краем. Поскольку все эти лучи — электромагнитные волны, то мы можем выстроить их, как звуки на нотном стане. Ниже будут находиться лучи с большой длиной волны, выше — с короткой. А частота их, или быстрота колебаний, наоборот, будет расти при переходе ко все более высоким «нотам»-лучам.

Вот и ультрафиолетовое излучение соответствует еще более коротким, чем у види-

мых лучей, длинам волн. А раз так, то его проникающая способность становится выше.

С одной стороны, ультрафиолет человеку необходим. Поэтому в северных районах, где недостаток солнца, детей специально облучают кварцевыми лампами. Кварцевое стекло, в отличие от обычного, не поглощает ультрафиолет. Это облучение, может быть, знакомо вам по поликлинике, когда приходится лечить простуду. Дело в том, что его терпеть не могут различные вредные вирусы и бактерии.

Если же ультрафиолета много, то и нам его не выдержать, можно заболеть. Предохраняет нас от его избытка земная атмосфера, в особенности так называемый **озоновый слой.** Вы, наверное, слышали об **озоновых дырах.** Это те места на Земле, где защитный слой по каким-то причинам утоньчается. Тогда здесь необходимо избегать долгого пребывания на солнце.

А вот чтобы беспрепятственно «принимать» ультрафиолет, нужно выйти за пределы земной атмосферы. Туда и поместили новый телескоп «Хаббл», названный так в честь известного астрофизика. Разглядывать небо в ультрафиолетовых лучах он может, кружась по орбите вокруг Земли на спутнике. Этим летом, кстати, с помощью телескопа подробно «рассмотрели» удивительное событие: падение кометы на нашего соседа по Солнечной системе — планету Юпитер.

ЧЕМ СФОТОГРАФИРОВАТЬ НАШ СКЕЛЕТ?

Редкий человек не проходил через рентгеновский кабинет. А уж снимки, сделанные в **рентгеновских лучах**, знакомы каждому. Помните, как на них виден скелет и даже кровеносные сосуды? Что же это за лучи?

В 1995 году мы будем отмечать столетний юбилей их открытия. Трудно сейчас представить, какой огромный и всеобщий интерес вызвало оно век назад. Ну, подумайте, ведь в руках человека оказался аппарат, с помощью которого удалось увидеть невидимое. Немецкий физик Вильгельм **Рентген**, открывший эти лучи, был выдающимся экспериментатором. Именно тщательность и продуманность его опытов позволили обнаружить явление, которое в течение многих лет было буквально «под носом» его коллег.



Новые лучи возникали в так называемой разрядной трубке, где поток отрицательно заряженных частиц падал, тормозясь, на мишень. Чуть позднее выяснилось, что эти частицы — **электроны**.



Вильгельм Рентген (1845—1923) — немецкий физик-экспериментатор. Исследовал свойства жидкостей, газов, кристаллов, электромагнитные явления. Наглядно показал, что магнитное поле создается движущимися зарядами. Главное открытие — лучи, названные его именем, и изучение их свойств, позволивших развить кристаллографию и дефектоскопию, применить лучи в медицине. Первым из физиков получил Нобелевскую премию.

Сам Рентген, не зная о существовании электрона, природу открытых им лучей объяснить не смог. А ведь именно когда заряженная частица разгоняется или тормозится, она поглощает или испускает **электромагнитные волны.** Получалось, что рентгеновские лучи — всего лишь разновидность таких волн.

Длина этих волн столь мала, что они оказываются еще короче ультрафиолетовых. Можно догадаться, что как раз поэтому их **проникающая способность** еще выше. Рентгеновские лучи просвечивают не только человеческое тело. Проходя сквозь кристаллы, они воссоздают на фотопленках их внутреннюю структуру, как бы скелет вещества.

Еще одно важное применение рентгеновских лучей — в астрономии. Регистрировать на Земле это излучение трудно из-за поглощения в атмосфере. Но когда приборы

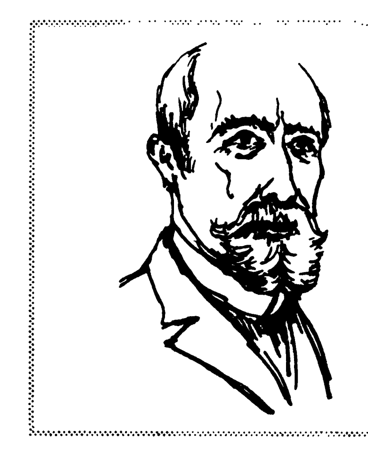
стали поднимать на ракетах и спутниках, они зафиксировали рентгеновское излучение Солнца и звезд. Главное же — удалось поймать такие лучи от вообще неизвестных ранее небесных объектов — пульсаров. Это как бы рентгеновские маяки, мигающие нам из далеких просторов космоса.

КАКИЕ ЛУЧИ САМЫЕ КОРОТКИЕ?

А есть ли в природе лучи, еще более проникающие, чем рентген? Иначе такое излучение называют более жестким. Да, оно существует. Немногим менее 100 лет назад французским физиком **А.Беккерелем** были открыты лучи с невиданной проникающей способностью. Названо это явление было **радиоактивностью.** В составе испускаемых некоторыми природными веществами лучей со временем выделили те, что оказались электромагнитными волнами. Они обладают невероятно малой длиной волны — еще меньшей, чем у **рентгеновских лучей.**

Это излучение назвали **гамма-лучами.** Однако вели они себя так, что с тем же успехом их можно было считать частицами. Поэтому и название «гамма-частицы» используют так же часто. Необычное поведение этих волн-частиц заставило вспомнить давние споры о том, что такое **свет.**

Если видимое световое излучение и гамма-лучи — электромагнитные «сородичи»,



Анри Беккерель (1852—1908) — французский физик. Работал в области оптики, электромагнетизма, фотохимии и метеорологии. Открыл неизвестное излучение солей урана, названное радиоактивностью. Обнаружил физиологическое действие этого излучения, а также его способность ионизировать газ.

то отличает их всего лишь длина волны. У света она мала, у гамма-лучей — еще в тысячу, миллион раз меньше. Выстраивается такая зависимость: чем меньше длина волны излучения, или, соответственно, чем больше его частота, тем больше **проникающая способность**, тем больше проявляется им свойств уже не волны, а частицы.

Можно сказать так — гамма-лучи представляют собой поток как бы сгустков энергии, очень похожих на летящие со **скоростью света** микроскопические снаряды.

С одной стороны, их научились применять для обнаружения дефектов в металлах. В медицине их используют для диагностики и для лечения злокачественных опухолей. С другой стороны, это излучение в больших дозах, как всякая радиоактивность, очень опасно, и для защиты от него принимают специальные меры, — скажем, в лабораториях физиков и на атомных электростанциях.

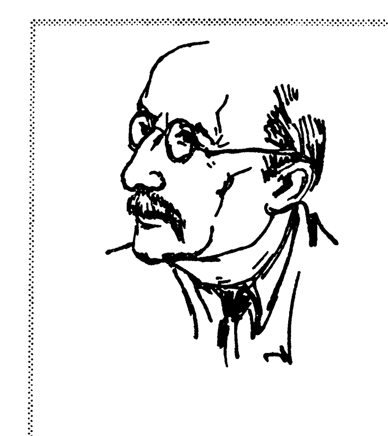
ВНУТРИ ВОЛНЫ — ЧАСТИЦА, ВНУТРИ ЧАСТИЦЫ — ВОЛНА

Говорят, что на рубеже веков чаще происходят странные и удивительные события. Возможно, в эти времена и людям в голову приходят всякие нестандартные идеи. Во всяком случае, именно в 1900 году немецкого физика Макса **Планка** посетила ошеломляющая мысль.

Ученый разбирался с вопросом об испускании излучения нагретыми телами. Задача, стоящая перед ним, считалась довольно трудной, но не такой, чтобы привести к революционным переменам в науке. Более того, Планка незадолго до этого пытались отговорить от занятий физикой, поскольку считали, что она практически завершена.

Однако, как Планк ни бился над задачей, уже известные методы никак не позволяли ее решить. И вот тут-то он сообразил, что **излучение**, испускаемое телом, идет не непрерывным потоком, как льется вода, а разбегается малюсенькими порциями. Назвал он эти порции **квантами**.

Казалось бы, возродилась идея И.Ньютона о том, что **свет** — это поток частиц-корпускул. Но планковские частички-кванты представляли собой нечто особенное. Они обладали различной энергией, и она зависела от такой волновой характеристики, как... частота излучения. Вот это и было неожиданным вы-



Макс Планк (1858—1947) — немецкий физик-теоретик. Работал в области термодинамики, теории теплового излучения, теории относительности. Основная научная заслуга — создание квантовой теории, пришедшей на смену классической физике, не дающей объяснений на атомном и молекулярном уровне.

водом, парадоксом — вроде бы частица, а в ней словно бы заключена волна.

Сам Планк был поражен созданием такого «кентавра». И неизвестно, как бы дальше развивались события в физике, если бы с помощью этой идеи не нашли объяснения многие экспериментальные факты. Теория Планка получала все больше подтверждений и стала именоваться **квантовой теорией.** Она во многом повлияла на облик науки XX века.

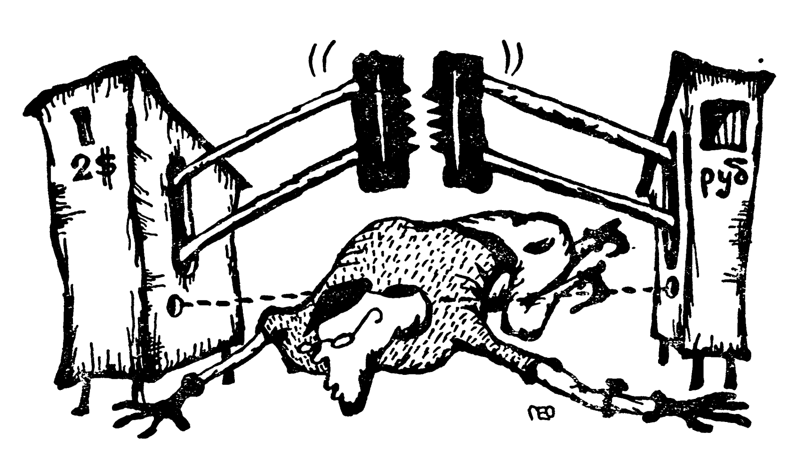
КАК СВЕТ «ВЫДЕРГИВАЕТ» ЭЛЕКТРОНЫ?

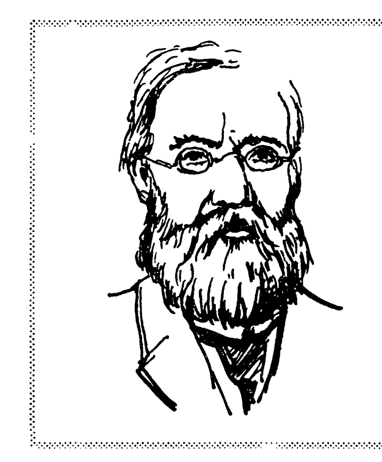
Как только родилась идея **квантов** — частиц излучения, испускаемого и поглощаемого телами, — ее тут же взяли на вооружение многие выдающиеся ученые. Например, в 1905 году немецкий физик Альберт **Эйнш-**

тейн применил теорию квантов к одному очень интересному явлению — фотоэффекту.

Исследовать этот эффект начали еще в 1887 году. А годом позже явление было детально изучено русским физиком **А.Г.Столетовым.** Состояло оно в том, что из металлической пластины при освещении вылетали электроны. Опытным путем были установлены **законы фотоэффекта**, но причины происходящего выявить не удалось.

И лишь идея о квантах света, как показал Эйнштейн, поставила все на свои места. Законы получили твердую опору. Выяснилось, что каждая частичка света приносит с собой определенную порцию энергии. А тратится эта энергия на то, чтобы вырвать электрон из металла и сообщить ему энергию движения, то есть **кинетическую энергию.** Поэтому





Александр Григорьевич Столетов (1839-1896) — российский физик. Предложил важные методы магнитных измерений, изучал газовый разряд. Мировую известность приобрел как исследователь фотоэффекта, установивший его законы. Создал первый фотоэлемент и применил его на практике.

чем больше частота излучения, тем больше энергия света, тем быстрее выбегают из металла электроны. Из-за этого их энергия выше при облучении пластины фиолетовым светом, нежели красным.

Изучение свойств фотоэффекта дало возможность создать и усовершенствовать фотоэлементы. Это устройства, преобразующие световой поток в электрический сигнал. Их используют, как вы, возможно, догадались, в турникетах метро. А фотоэффект, происходящий в полупроводниках, привел к созданию **солнечных батарей.**

ПОРТРЕТ ФОТОНА: АНФАС И В ПРОФИЛЬ

Частицы-кванты, теоретически открытые в 1900 году М.Планком, через пару десятков лет стали называть **фотонами**, от греческого

слова «свет». Но поскольку квантами испускаются все известные нам виды излучения, фотоны могут быть отнюдь не только световыми, но и, скажем, инфракрасными или рентгеновскими.

Каждый фотон несет малюсенькую порцию энергии. Но их обычно так много, что она может стать заметной величиной. Например, можно оценить, сколько приходит световой энергии от Солнца на Землю. Оказывается, что на один квадратный метр земной поверхности за одну секунду падает несколько тысяч миллионов фотонов. Несмотря на столь малую энергию отдельного фотона, его в принципе может зарегистрировать даже человеческий глаз.

Фотон — удивительная частичка. Существует он только в «полете», когда переносится в пространстве со **скоростью света.** Медленнее двигаться он просто не может, как бы не создан для этого. Рождается он, излучившись, и исчезает, поглощаясь телами. Он переносит энергию и движение, нагревает тела и вместе с собратьями оказывает на них давление. При всем при этом он не обладает массой. Только здесь надо быть очень аккуратным в выражениях, так как имеется в виду масса «обычных» частиц, способных, в отличие от фотона, находиться в покое.

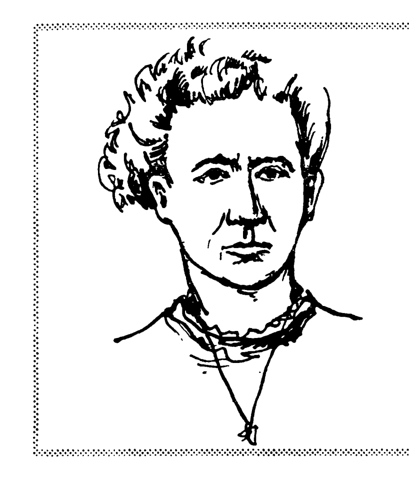
Вот какой удивительный этот фотон! И это все не выдумки ученых, а строго подтвержденные опытом факты.

ЧТО ТАКОЕ РАДИОАКТИВНОСТЬ?

Это явление было открыто в конце прошлого века. Заключалось оно в том, что без всякого внешнего воздействия изнутри некоторых веществ испускались очень энергичные лучи. Это прежде всего говорило о том, что внутри вещества находятся свои собственные источники энергии. С другой стороны, такими интенсивными лучами можно было надеяться «прощупать» различные тела лучше, чем даже **рентгеновским излучением.**

Со временем выяснилось, что **радиоактивность** представляет собой «излучение» разного сорта. В ее состав входят тяжелые положительно заряженные частицы, более легкие отрицательные — электроны — и очень «жесткие», сильно проникающие электромагнитные волны. Первые назвали **альфа-частицами,** вторые — **бета-частицами,** а третьи — **гамма-лучами.**

Такая команда «бомбардиров» могла пронизать довольно толстые слои вещества. Кстати говоря, уже с первых опытов по изучению радиоактивности накапливались сведения о том, как от нее можно защититься. Одним из лучших поглотителей радиации оказался свинец. Может быть, вы видели в рентгеновском кабинете тяжелые резиновые покрывала, которыми предохраняют от облучения не предназначенные для съемки органы. В состав этих покрывал вводят свинец.



Мария Склодовская-Кюри (1867—1934) — польский и французский физик и химик, один из основоположников учения о радиоактивности. Вместе с мужем, Пьером Кюри, открыла новые радиоактивные элементы. Установила влияние излучения на живую клетку, первой использовала радиоактивность в медицине.

Физики довольно быстро сообразили, что естественную радиоактивность можно использовать в их экспериментах. С тех пор начались усиленные поиски и кропотливое накапливание рассеянных в природе радиоактивных веществ.

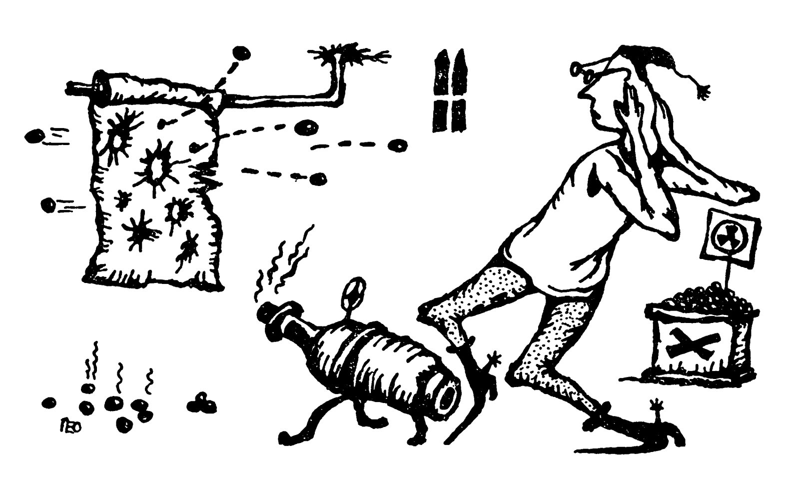
КТО «СИДИТ» ВНУТРИ АТОМА?

Начало двадцатого столетия словно всколыхнуло ряды ученых, побудив их вновь задуматься о том, что такое **атом.** Греческое слово, означающее «неделимый», словно говорило, что эти частицы — последняя граница дробления тел. Однако **радиоактивность** — вылетание частиц изнутри вещества — заставило усомниться в этом.

Открытый почти 100 лет назад **электрон,** обладавший отрицательным зарядом, наводил на мысль, что внутри вещества должны

как-то располагаться и положительно заряженные частички. Ведь атомы в целом — нейтральны, значит, что-то должно компенсировать, уравновешивать в веществе отрицательные заряды. Трудно, конечно, представить сейчас, что всего столетие назад даже серьезные ученые воображали себе атом как «тесто» положительного заряда с вкрапленными в него «изюминками»-электронами.

И вот в 1911 году знаменитый английский ученый Эрнест **Резерфорд**, используя **альфа-частицы**, испускаемые радиоактивным препаратом, провел важные эксперименты. Он облучал металлическую фольгу и наблюдал за рассеянными ею альфа-частицами. Оказалось, что большинство этих массивных «снарядов» легко пронизывают металл. Но какие-





Эрнест Резерфорд (1871—1937) — английский физик. Посвятил свои работы радиоактивности, атомной и ядерной физике. Заложил основы современного учения о строении атома. Один из разработчиков теории радиоактивного распада. Автор планетарной модели атома. Открыл протон, предсказал существование нейтрона. На опыте доказал справедливость закона взаимосвязи массы и энергии в ядерных реакциях.

то из них отскакивали так, будто встретили на своем пути крупную тяжелую мишень.

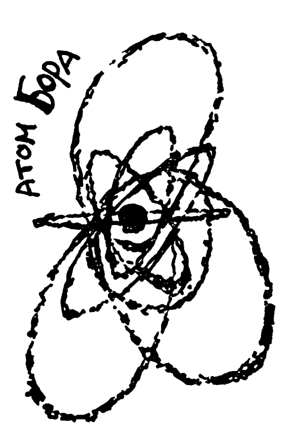
Эти опыты позволили Резерфорду сделать вывод о том, что положительный **заряд** и **масса атома** сосредоточены в очень малой центральной его области. Такую область, в 100 000 раз меньшую, чем сам атом, Резерфорд назвал **атомным ядром.** Модель атома, где в серединке — ядро, а вокруг — вращающиеся **электроны,** послужила основой для дальнейшего развития наших представлений о строении вещества.

КРУЖИТЬСЯ? СТРОГО ПО ПРАВИЛАМ БОРА

Согласитесь, что очень удобно, когда какие-то новые понятия можно объяснить с помощью уже хорошо освоенных, привычных.

Вот и модель атома, предложенная Э.Резерфордом, была такой симпатичной, ладной, так походила на знакомую нам картину движения планет вокруг Солнца. «И все бы хорошо, да что-то нехорошо...»

Почти сразу после рождения эта модель натолкнулась на серьезные противоречия. Как подсказывала теория, кружащиеся вокруг ядра-«солнца» маленькие электроны-«планеты» должны были излучать энергию. Теряя ее за какие-то мгновения, они неминуемо падали бы на ядро — как **спутник**, тормозясь в **атмосфере**, «сваливается» на Землю. Но это значило, что такие устойчивые шарики-атомы, из которых построен весь окружающий нас мир и мы сами, моментально бы «схлопнулись». Однако мы этого не наблюдаем!



Выход из положения предложил выдающийся датский физик Нильс **Бор.** Правда, для этого вновь потребовались «безумные» идеи. Бор оснастил атомную модель Резерфорда несколькими правилами, которые очень трудно было бы вообразить в рамках старой, классической физики.



Нильс Бор (1885—1962) — датский физик-теоретик. Внес огромный вклад в создание принципиально нового подхода к изучению атомных процессов. Построил модель атома, обеспечивающую объяснение его устойчивости. Теория Бора разрешила целый ряд сложных вопросов строения вещества и структуры света. Создал стройную систему физических идей квантовой механики. Многое сделал для развития ядерной физики.

Судите сами. Электронам «запрещалось» находиться где попало вокруг ядра. Словно правила дорожного движения, новая теория разрешала им двигаться лишь по строго определенным орбитам. Однако, если атом поглощал энергию, электрону полагалось «перескочить» на дальнюю от ядра орбиту, если испускал, то электрону было предписано спуститься на одну из нижних.

Не в первый раз в науку вторгались непривычные, не поддающиеся здравому смыслу воззрения. И они неминуемо были бы отброшены, если бы не смогли объяснить накопившиеся загадочные факты, разрешить противоречия. Так и теория Бора не просто «спасла» модель Резерфорда, но и обогатила ее и растолковала многое до тех пор непонятное.

РЫБАК РЫБАКА ВИДИТ ИЗДАЛЕКА

Кому легче подружиться? Конечно, тем, у кого общие интересы. Ну, вот одни любят книжки читать, другие — рыбу удить, третьи — мух ловить... Вот еще, скажете вы, нашлось увлечение. А что, может быть, эти мухоловы станут в будущем знаменитыми энтомологами — исследователями насекомых? Значит, то, что сегодня кажется странным, нелепым, завтра будет привычным и, возможно, очень нужным.

Не так ли и чудаковатые поначалу идеи тянутся друг к другу? Подобная мысль приходит в голову, когда идет разговор о встрече двух необычных идей в начале нашего века. Это — «странная» гипотеза Планка о кван-



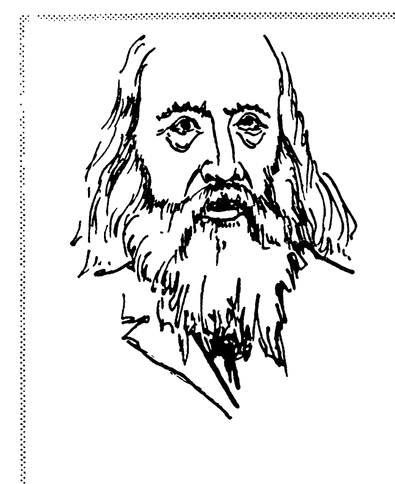
тах-частичках света и диковинная **модель устройства атома,** предложенная Бором. Как они оказались необходимы друг другу!

Теперь испускание и поглощение света, да и многих других лучей, можно было объяснить, как потерю или приобретение атомом порции энергии. Перешел электрон с верхней своей орбиты в атоме на нижнюю — испустился квант-фотон. Поглотился фотон атомом — значит, электрон ровно на порцию, принесенную этим квантом, увеличил свою энергию и подскочил кружиться повыше.

Блестящее объяснение процессов испускания, распространения и поглощения электромагнитной энергии на основе этих идей словно вобрало в себя несколько разных областей физики. Сюда вошли **теория света, электромагнетизм** и **строение вещества.** Вот почему квантовая теория стала базой современной физической науки.

«ИЗ ЧЕГО ЖЕ, ИЗ ЧЕГО ЖЕ СДЕЛАНЫ»... ЯДРЫШКИ?

Давайте порассуждаем вместе. **Вещество** состоит из молекул, **молекулы** состоят из атомов, **атомы** состоят из ядер и **электронов, ядра** состоят из... ? Из чего же состоят ядра? Может быть, как раз они — те самые, неделимые частички, меньше которых уже ничего нет? Оказалось, не так. Радиоактивное излучение, вылетающее из недр вещества, под-



Дмитрий Иванович Менделеев (1834—1907) — российский ученый. Открыл один из фундаментальных законов природы — периодический закон химических элементов. На его основе предсказал существование еще не открытых элементов, найденных позже. Занимался тепловыми процессами, сконструировал барометр, изучал на воздушном шаре верхние слои атмосферы. Разрабатывал теорию весов и точные приемы взвешивания.

талкивает к мысли, что и ядра — не самые мелкие «детали» природного конструктора.

В 20-30-е годы уже нашего столетия были открыты две частицы. Они оказались очень близкими по массе, но отличались тем, что одна имела положительный заряд, такой же, кстати, как заряд электрона, а другая была нейтральна — вовсе не имела электрического заряда. Первую назвали **протоном,** вторую — **нейтроном.**

Сцепленные друг с другом различные комбинации двух этих частиц образуют ядра атомов всего множества известных на сегодня химических элементов. Многие из них вам уже хорошо знакомы — железо, алюминий, водород, ртуть, медь, йод, кислород, золото, сера, углерод, фосфор, бром, хлор, серебро, кремний... Элементы эти собраны в большую таблицу, которую вы обязательно увидите в

книгах по физике и химии или на стенах школьных кабинетов, где изучают эти науки. Такая таблица носит имя ее создателя, нашего соотечественника, знаменитого ученого **Д.И.Менделеева.**

Знание строения атомного ядра позволило разложить по полочкам, по ячейкам все, из чего складывается вещество. Количество протонов и нейтронов в ядре строго указывает, какой это элемент, каковы его физические и химические свойства. Иначе говоря, такой «банк данных» обладает огромной предсказательной силой.

«ЯДРА — ЧИСТЫЙ ИЗУМРУД...»

Почему в крохотном ядре каждого атома удерживаются вместе такие частицы, как протоны? Если они положительно заряжены, то по всем электрическим правилам должны отталкиваться. Причем так, что **ядро** просто бы «взорвалось». Однако этого не происходит, ядрышки многих атомов вполне устойчивы, стабильны. Почему?

На таких маленьких расстояниях, на каких оказались в ядре протоны, действуют, помимо электрических, еще и другие силы. С ними человек столкнулся, лишь когда попытался объяснить себе, откуда в ядре взялся такой липкий «клей». Никакими известными силами его происхождение не объяснялось. Вот и пришлось считать, что это особый,

ядерный вид сил. Они мощнее всех иных, но «включаются» лишь на микроскопических расстояниях, когда ядерные частички оказываются совсем рядышком друг с другом.

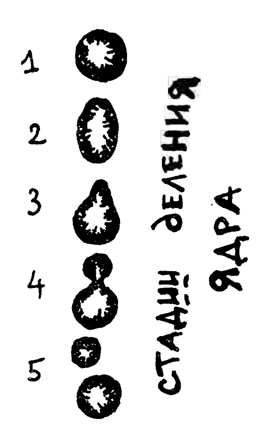
Но почему мы говорим лишь о протоне? **Нейтрон** — его постоянный «сосед» по ядру и равноправный участник ядерных процессов. Все сказанное его так же касается. Отметим, что третий компаньон, входящий в состав атома, — **электрон** — никак не влияет на жизнь внутри ядра. Слишком он от этого отдален, чересчур далеко от ядра кружится.

Количество протонов и нейтронов, входящих в состав ядра, меняется от единицы у **водорода** — самого легкого химического элемента, до сотен штук у таких тяжелых элементов, как **уран**. Различные их группировки, «сцепки», определяют, насколько тот или иной атом устойчив или нет.

КАК РАСПАДАЮТСЯ ЯДРА?

Что происходит с атомным ядром, когда оно испускает **радиоактивное излучение**? Остается ли оно неизменным? Или, быть может, испытывает какие-то превращения? Поиски ответов на эти вопросы, продолжающиеся несколько десятилетий, привели ученых к неожиданному, но очень важному выводу.

Естественная **радиоактивность**, обнаруженная около 100 лет назад, дала представление о том, что внутри ядер атомов вещества

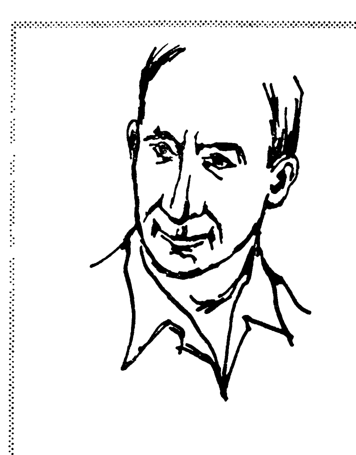


запасена огромная энергия. О таких веществах вы, наверное, слышали, например, это **уран.** Так нельзя ли сконцентрировать его, обработав горные породы, в которых он рассеян по Земле? И тем самым получить источник энергии очень большой мощности? Оказалось, что эта задача в принципе решаема, но нужного нам сорта урана в природе не слишком много.

Кропотливые исследования, однако, показали, что можно создать искусственную радиоактивность. То есть как бы подталкивать ядра тяжелых элементов к тому, чтобы они начали распадаться, высвобождая сдерживаемую мощными **ядерными силами** энергию.

Во всех случаях распада из тяжелого ядра получаются более легкие, такие, например, как ядра атомов железа.

К концу 30-х годов в нескольких странах учеными было найдено, как заставить ядра делиться. А в 1942 году в США был запущен первый в мире **ядерный реактор.** Эта работа проводилась под руководством итальянского физика Энрико **Ферми.** Так была открыта



Энрико Ферми (1901—1954) — итальянский физик. Работал в области атомной и ядерной физики, астрофизики, исследовал космические лучи. Открыл искусственную радиоактивность, положил начало нейтронной физике. Доказал возможность цепной ядерной реакции деления урана. Построил первый ядерный реактор и осуществил его запуск, участвовал в создании американской атомной бомбы.

первая страница в истории использования **ядерной энергии.**

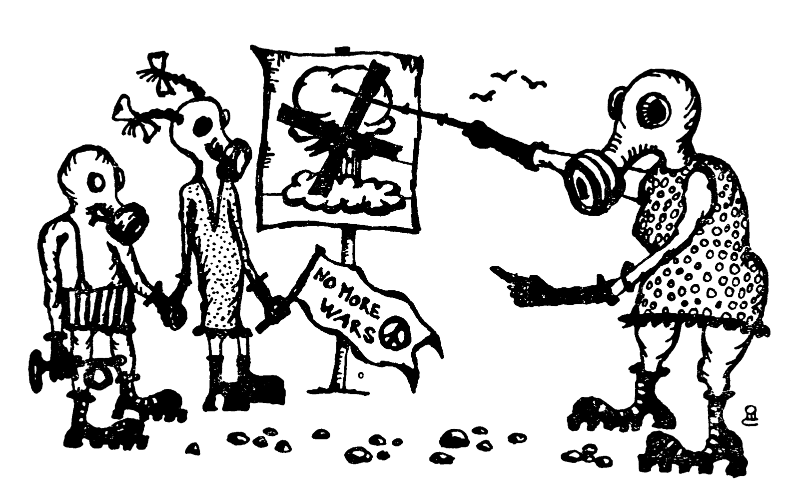
ПОЧЕМУ ВЗРЫВАЕТСЯ АТОМНАЯ БОМБА?

Как распорядиться той колоссальной энергией, которая скрывается внутри атомных ядер? К сожалению, первое применение она нашла в оружии чудовищной разрушительной силы — **атомной бомбе.** Невероятные усилия ученых, направленные на познание строения вещества, были использованы так, что многие из них впоследствии стали активными борцами за запрещение этого оружия.

И все же, в чем суть этого изобретения? Очищенное и сконцентрированное ядерное

горючее, например, уран, размещают «дольками» в снаряде. Сам по себе этот уран распадается очень долго. Но когда при попадании бомбы в цель срабатывает детонатор «обычного» взрыва, его мощное давление сдвигает «дольки» вместе. Образуется так называемая критическая масса урана, в которой реакция деления ядер невероятно убыстряется. Ее еще именуют **цепной реакцией.** Внутриядерной энергии выделяется так много, что она и создает **взрыв** чудовищной силы.

Впервые такое оружие было применено американцами 6 августа 1945 года, когда на японские города Хиросиму и Нагасаки были сброшены две бомбы, начиненные ядерной взрывчаткой. Многие годы после этого самые крупные страны мира производили подобное оружие в огромных масштабах. Эра ядерного противостояния недавно, можно надеяться,



завершилась. Правда, опасность распространения этого оружия существует, поэтому здравомыслящие люди, в том числе и ученые, пытаются найти способы полного его запрета.

КАК РАБОТАЕТ МИРНЫЙ АТОМ?

Создание **ядерного реактора** показало ученым и конструкторам, как можно «приручить» энергию, заключенную в самых глубинах вещества. Реакция деления тяжелых радиоактивных ядер может быть неуправляемой, когда вся энергия выделяется одновременно, взрывообразно. Это и происходит в **атомной бомбе.** Но можно и регулировать испускание этой энергии, отбирая ее у ядерного топлива постепенно, небольшими порциями.

Так и поступают, загружая, например, уран в ядерный реактор. Выделение энергии происходит в таком режиме, когда можно в любой момент «заглушить» ядерную реакцию. Для этого в котел с топливом быстро погружают стержни из специального материала, способные поглотить частицы, вызывающие реакцию.

Первая **атомная электростанция** (АЭС), основой которой являлся реактор, была запущена в 1954 году в нашей стране. Выделяемое при распаде ядер тепло нагревало пар, вращающий турбину, соединенную с генератором электрического тока. Хотя станция была не-



Игорь Васильевич Курчатов (1903—1960) — российский физик. Внес заметный вклад в изучение электрических свойств кристаллов, провел ряд исследований по физике полупроводников. Занимался ядерной физикой, проблемой деления тяжелых ядер. Возглавил работы по овладению ядерной энергией. Под его руководством был запущен первый советский уран-графитовый реактор, создавались советские атомная и водородная бомбы, была введена первая в мире атомная электростанция. Начинал исследовать проблему управляемого термоядерного синтеза.

большой мощности, но уже продемонстрировала преимущества ядерной энергетики. Затем и в нашей и в других странах стали строить реакторы все большей мощности и усовершенствованных конструкций. Доля электроэнергии, производимой сегодня в мире на АЭС, достигает заметной величины. Скажем, во Франции она составляет около 70 процентов всей вырабатываемой энергии.

Один килограмм ядерного топлива заменяет миллионы килограммов обычного. В то время, когда истощаются такие природные ресурсы, как нефть, уголь и газ, ядерная энергетика становится существенным подспорьем для человека. Кроме энергетических станций, ядерные реакторы используют в

двигателях ледоколов, подводных лодок, ставят на **искусственные спутники Земли.**

Однако бурное развитие ядерной энергетики «притормозилось» после нескольких крупных аварий с подводными лодками и на АЭС. Эти случаи лишний раз показали, насколько надо быть осторожными при работе со сложнейшими изобретениями.

ПОЧЕМУ СВЕТИТ СОЛНЦЕ?

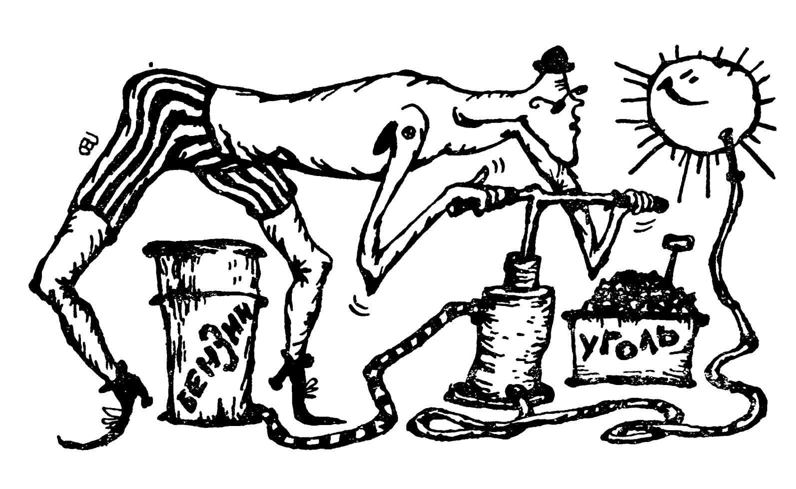
Действительно, каков источник энергии нашего родного светила? Идут год за годом, столетия за столетиями, миллионы лет за миллионами, а оно все светит да светит.

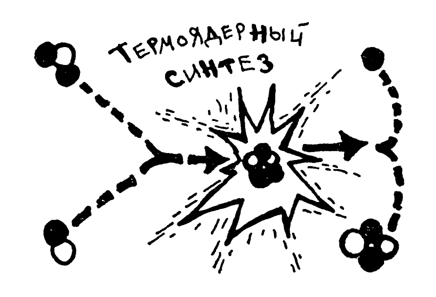
Ученые довольно давно сделали любопытные расчеты. Из них следовало, что если бы **Солнце** состояло из любого известного топлива, скажем, угля, то оно при такой активной светимости очень быстро выгорело бы. Долгое время источник энергии Солнца оставался загадочным.

Изучение **ядерных реакций** привело к выводу, что энергия из глубин вещества может выделяться не только при делении тяжелых ядер. Есть и другой, как бы встречный, путь. Если соединить друг с другом ядра очень легких атомов, например, водорода, то они, образуя новое, более тяжелое ядро, также высвободят энергию. Эти реакции объединения легких элементов получили название термоядерных, или реакций синтеза.

Чтобы такая реакция пошла, легким положительно заряженным ядрам необходимо подойти на очень близкое расстояние. Только тогда вступают в действие мощные ядерные силы, которые позволят этим ядрам слиться в одно, новое. Но попробуйте сблизить два положительных заряда! Закон электрического взаимодействия подскажет, что чем они ближе, тем сильнее должны отталкиваться. Как же быть?

На Солнце и на звездах природа справилась с этой задачей. Давление и температура внутри них настолько велики, что «голенькие», без электронов, ядра легких элементов часто и с большой силой сталкиваются друг с другом. В таких условиях и создаются воз-





можности для слияния ядер, ведущего к выделению огромной энергии.

Вот эту энергию мы и получаем на земле от Солнца в виде излучения. От далеких звезд оно, естественно, приходит к нам, значительно ослабев. Правда, надо сказать, что это объяснение светимости звезд наталкивается на некоторые трудности. Над их «устранением» сейчас ломают голову ученые.

УДАСТСЯ ЛИ УКРОТИТЬ «ТЕРМОЯД»?

А можно ли зажечь Солнце на Земле? Как бы перенести к нам кусочек раскаленного до миллионов градусов шара? Увы, эта задача пока оказалась человеку не «по зубам». Вернее, изобрести оружие с использованием мощи реакций, подобных идущим на Солнце, он смог. Однако это «дьявольское» изобретение, разрушительнее которого мы не знаем, неуправляемо. То есть можно «запустить» **термоядерную реакцию**, но только в бомбе,

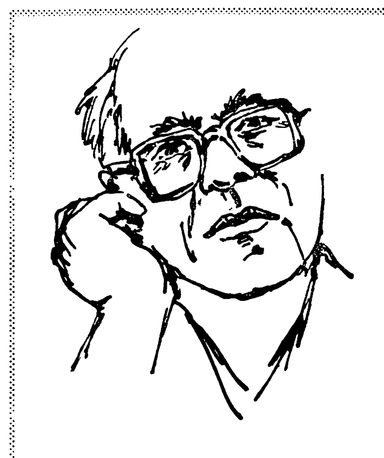
только взрывом. А вот «держать ее на поводке» никак не удается.

«Укротить» термояд пробуют не один десяток лет. Не раз казалось, что вот-вот — и задача уже решена. Даже планировали, в какие сроки будет построена электростанция с применением **управляемого термоядерного синтеза.** Можно понять, почему так заманчива была это проблема для исследователей и инженеров. Ведь ее решение обеспечило бы нам практически неисчерпаемый источник энергии. «Горючего» для термояда — легких элементов — вроде бы полным-полно.

Надо сказать, что на пути овладения термоядом были сделаны выдающиеся открытия, созданы уникальные физические установки, множество изобретений оказалось полезным для самых различных наших нужд. Однако главная задача до сих пор решению не поддается, и сейчас трудно сказать, когда же эти работы завершатся.

Соблазн поймать термояд «за хвост» был так велик, что несколько лет назад весь научный мир всколыхнула сенсация. Некоторые ученые заявили, что обнаружили реакцию синтеза при низких температурах. Многочисленные опыты и проверки этого не подтвердили. Говорить можно было о любопытном явлении, но никаких «кладовых энергии» за ним не скрывалось.

Что ж, в науке бывает и такое. Ее история богата не только достижениями, но и оши-



Андрей Дмитриевич Сахаров (1921—1989) — российский физик. Один из авторов идеи о получении управляемой термоядерной реакции, внес огромный вклад в создание водородной бомбы. Занимался ядерной физикой и проблемами элементарных частиц, связал процессы в ранней Вселенной с кварковой структурой материи. Предсказал нестабильность протона. Активно противодействовал накоплению ядерного оружия на планете.

бочными идеями и мистификациями. Главное — суметь отделить одно от другого и не упустить странного, на первый взгляд, но верного предположения.

МАССА — ЭТО ЭНЕРГИЯ?

Как может концентрироваться невероятно большая **энергия** в ничтожно маленьких частичках вещества? По всей видимости, эта энергия не похожа на энергию движущегося автомобиля или ракеты, горящего топлива и на энергию просто горячего тела.

Когда физики научились делать тончайшие измерения, они смогли буквально «взвесить» и отдельный атом, и даже входящие в его состав частички. Выяснилось, что если подобным образом измерить **массу** вступающих в ядерную реакцию частиц и сравнить

с массой того, что оказалось в результате реакции, то получается...



Вот тут ученых ждало еще одно поразительное открытие. Измеренные «до» и «после» массы были не равны. Куда же подевалась разница? А давайте лучше спросим себя, откуда взялась выделяемая в реакции энергия? Удивительно, но эти два вопроса говорят об одном и том же. Надо только сделать шаг: «убыль» массы связать с «прибылью» энергии.

Этот смелый шаг был совершен как бы заранее, до всяких измерений. И сделал его в начале нашего века великий ученый **А.Эйнштейн** при создании им так называемой **теории относительности.** Мы позволим себе записать формулу, заключающую мысль о связи массы и энергии, в таком, словесном виде:

«Е равна эм цэ квадрат» (энергия равна массе, умноженной на квадрат скорости света).

Пусть сейчас эта фраза звучит для вас, как китайская грамота, не страшно. Вам с ней обязательно и не раз придется еще стол-

кнуться. Это одна из самых главных идей в физике, да и не только в ней, а вообще в науке.

Возможность преобразования массы в энергию и наоборот, как говорят ученые, их эквивалентность, равнозначность — один из краеугольных камней современного взгляда на природу. Поэтому теория относительности наряду с **квантовой теорией,** — база современной физики.

ЧТО ТАКОЕ АННИГИЛЯЦИЯ?

Теория относительности, созданная в начале этого века **А.Эйнштейном,** приводит к поразительным результатам. Скажем, возможность «перехода» массы в энергию и наоборот подсказывает такую идею. Если пустить навстречу друг другу две очень маленькие, или как их еще называют, **элементарные частички,** то при ударе «в лоб» они могут часть своей энергии движения преобразовать в ... новые частички. Эти удивительные превращения наблюдаются в современных **ускорителях.** Можно сказать, что это стало обычным, будничным событием.

Еще пример. В 1930 году английским физиком **П.Дираком** впервые было предсказано существование античастиц. Это — вроде бы по всем свойствам такие же частицы, как и известные нам, только с противоположным зарядом. Например, у хорошо знакомого нам



Поль Дирак (1902—1984) — английский физик-теоретик. Разрабатывал математический аппарат квантовой механики. Предположил существование положительно заряженного электрона — позитрона, открытого позднее экспериментально. Предсказал существование античастиц и аннигиляцию — один из видов превращений элементарных частиц.

электрона должен быть его «собрат» из антимира — позитрон, или положительный электрон. Так вот, при встрече частиц и античастиц должна происходить **аннигиляция** — их взаимное уничтожение. Это, однако, не значит, что от них не остается совсем ничего. Масса и энергия этих частиц переходят в «чистую» энергию — энергию излучения. Такие процессы также наблюдаются в ускорителях, более того, все чаще используются для исследования микромира.

Нужно сказать еще об одном необыкновенном следствии из теории относительности. Разгоняемые естественными космическими полями или «руками» ускорителей частицы при увеличении скорости наращивают свою... массу. Теория ставит предел всем скоростям в природе. Это — **скорость света.** По мере приближения к ней энергия, расходуемая на разгон частицы, «вынуждена» идти не на рост скорости, в, выходит, на рост массы.

Этот факт при малых скоростях окружающих нас предметов остается незамеченным — так ничтожен эффект. Но для легеньких элементарных частиц это выглядит совершенно по-иному. Их масса словно разбухает в десятки, сотни раз.

Все сказанное о «переходах» массы в энергию и обратно надежно подтверждается в опытах. К сожалению, самый «яркий» и убедительный из них — взрыв атомной или водородной бомбы.

МОЖНО ЛИ ПОЙМАТЬ КВАРК?

Что происходит на «выходе» из ускорителя? Этот огромный современный прибор, служащий для изучения микроскопических частиц, прежде всего разгоняет их с помощью электрического и магнитного полей. А вот когда частицы уже «набрали» необходимую энергию, их выводят из ускорительных колец и направляют на мишени.

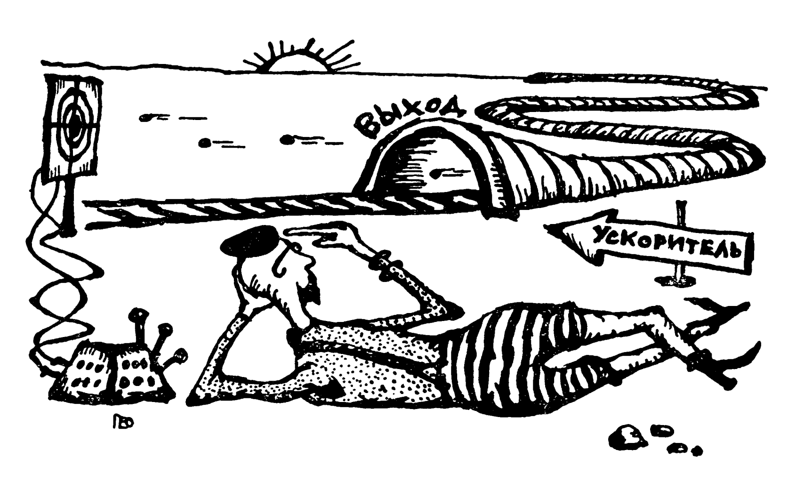
Что бывает, если обычный снаряд попал в цель? Ясное дело, взрыв. Так и элементарные частички — электроны, протоны и даже заряженные ядра атомов, — ударив по мишени, вызывают малюсенькие «взрывы». Только разлетаются здесь не осколки металлического снаряда, а рожденные при ударе новые частицы.

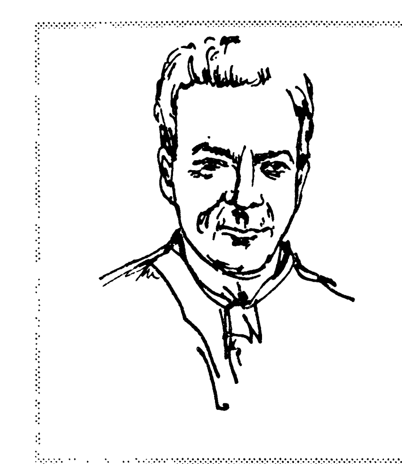
Чтобы зафиксировать результаты этой «бомбардировки», мишень окружают большим количеством детекторов. Это приборы, которые

«ловят» вылетевшие при ударе о мишень частички, измеряют их скорость, массу, энергию, заряд. Таким образом собирают сведения о всех деталях взаимодействия и устройства частиц. Каких только хитроумных изобретений ни придумали инженеры и физики! Весь арсенал классической и современной науки работает при создании детекторов.

Не будь ускорителей и детекторов, не удалось бы еще глубже заглянуть в строение материи. Разве электрон, протон, нейтрон — частички, составляющие атом и его ядро — самые крохотные «дольки» вещества? Исследования на ускорителях ответили — нет!

По всей видимости, **элементарные**, простейшие **частицы** вовсе не так просты. То есть





Ричард Фейнманн (1918—1988) — американский физик-теоретик. Занимался квантовой теорией, физикой элементарных частиц, сверхпроводимостью, теорией тяготения. Разработал способ объяснения возможных превращений частиц. Предложил составную модель протона и нейтрона. Автор широко известного курса «Фейнмановские лекции по физике».

они сами состоят из еще более мелких «деталек», названных **кварками.** Природа и здесь преподнесла нам сюрприз: хоть кварки и «сидят» внутри частиц, «выманить» их оттуда невозможно. Чем-то это похоже на строительство из блоков — каждый блок состоит из деталей, но они так сцементированы, что разъединить их нельзя.

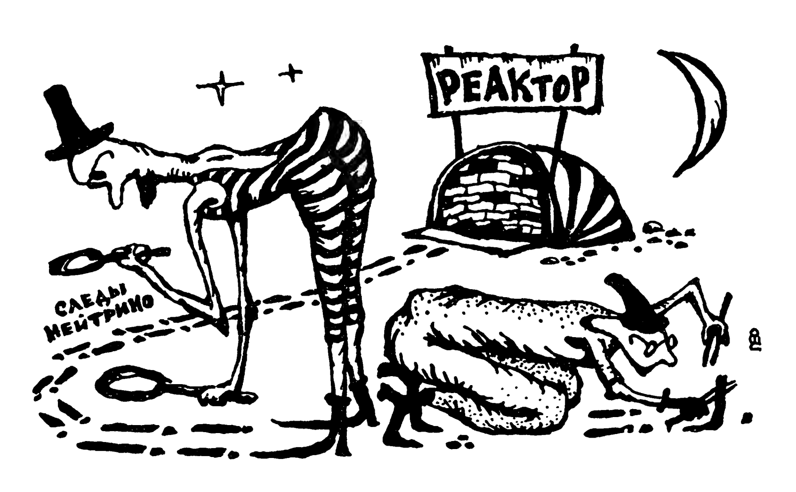
ОТЧЕГО НЕУЛОВИМЫ НЕЙТРИНО?

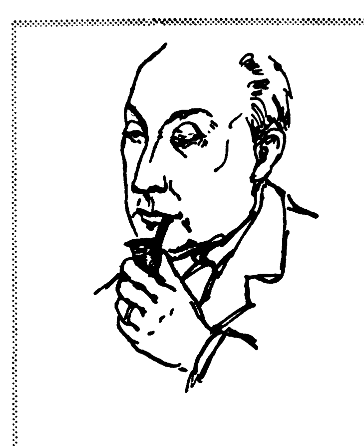
А сколько всего «элементарных» частиц? За последнее столетие их обнаружили несколько сотен, причем очень разных, непохожих друг на друга — целый зоопарк. Об одной из них, совсем удивительной, стоит рассказать особо.

Изучая ядерные реакции, физики столкнулись с довольно хитрой загадкой. В каких-то случаях не сходились концы с концами,

возникала, говоря языком торговцев, недостача энергии. Но допустить, что нарушается закон ее сохранения, ученые не могли. Пришлось даже изобрести, выдумать особую частичку, которая будто бы уносила с собой вот эту недостаточную энергию. Назвали ее **нейтрино**, что в переводе с итальянского означает «нейтрончик». Дело в том, что частичка эта нейтральна, не имеет заряда, и «поймать» ее, обнаружить обычными способами нельзя.

Двадцать долгих лет нейтрино существовало лишь теоретически, «в голове». Возникали вполне естественные сомнения в том, что она вообще может быть. И только когда были созданы **ядерные реакторы**, стало возможным найти ее следы. По этим следам,





Вольфганг Паули (1900—1958) — швейцарский физик-теоретик. Работал во многих разделах современной теоретической физики, один из создателей квантовой механики. Сформулировал один из важнейших принципов строения вещества. Высказал гипотезу о существовании нейтрино и предсказал ее свойства. Глубоко занимался теорией элементарных частиц и ядерных сил.

как детективы, ученые восстанавливали картину событий, в которых принимают участие нейтрино.

Почему же так важно сегодня ее обнаружить? Ведь нейтрино, как говорят ученые, очень слабо взаимодействует с веществом. Представьте себе стальную плиту между Солнцем и Землей. Даже сквозь нее нейтрино пройдет, как через масло. Поэтому для ее фиксации необходимо строить приборы размером с многоэтажные дома.

Однако сложности, связанные с «поимкой» нейтрино, имеют обратную сторону. Легко проходя через огромные толщи вещества, нейтрино способны вырваться из недр Солнца и звезд и донести до нас ценнейшую информацию о них. Скажем, в 1987 году произошло редчайшее событие — в космосе взорвалась сверхновая звезда. Помимо световой вспышки и всплеска электромагнитных

излучений самых разных длин волн, исследователям удалось зарегистрировать «испущенные» во время взрыва нейтрино. Сведения, принесенные нам этими частицами, значительно дополнили картину происходящих со звездой событий.

Возник целый раздел науки, занимающийся поиском новых излучений от неземных источников, — нейтринная астрономия.

ХОТИТЕ ОТПРАВИТЬСЯ В БУДУЩЕЕ?

Не читали ли вы роман Г.Уэллса «Машина времени»? А может быть, вы смотрели популярный фильм «Назад в будущее»? Как видите, заманчивая идея путешествия во времени не дает покоя фантастам. А разве сами вы не мечтали о том, чтобы попасть в прошлое и взглянуть, например, на живых динозавров? Или залететь лет эдак на 200-300 в будущее, как оно там все будет выглядеть?

Оказалось, что физика в принципе допускает возможность полета в будущее. Именно полета, потому что, согласно **теории относительности**, в движущемся теле течение времени должно замедляться. Например, если запустить **космический корабль** с большой скоростью, то лет за пять его полета на Земле может пройти до 1000 лет. Вернувшиеся домой космонавты застали бы довольно далекое будущее.

А если там нам будет неуютно? Можно ли тогда развернуться и отправиться назад? Вот

тут-то и возникают большие проблемы. Возможность путешествовать в прошлое меняет местами причину и следствие. Приводят такой жестокий пример. Вы, оказавшись в прошлом, убиваете свою собственную молодую бабушку. Как же вы тогда могли бы появиться на свет, и все это сотворить? Остается допустить, что существуют параллельные миры, в которых жизнь «разыгрывается» по различным сценариям. То есть тут, в нашем мире, вы живете по-нашенски, в каком-то другом — по-иному, а еще в третьем — вообще ни по-каковски: там вас вовсе нет. Ну что, нравится?

Фантазий на эту тему бесконечно много. Однако об этом думают и серьезные ученые. Несколько лет назад американские физики теоретически разработали проект машины времени, способной путешествовать и в прошлое. В нем также использованы идеи теории относительности. Правда, технически осуществить такой перелет невероятно сложно. Пока неизвестно, когда человек сможет воплотить этот проект в реальность и проверить — действительно ли заработает такая машина или все же в расчеты ученых вкралась ошибка.

ЧТО ТАКОЕ ЧЕРНАЯ ДЫРА?

Небо над нашими головами кажется неизменным, вечным. Однако так же, как и люди, все небесные тела, в том числе и звезды, появляются на этот свет, живут и исчезают. На-

ука за последние десятилетия позволила так много узнать о жизни звезд, что теперь можно описать историю буквально каждой из них. А средства, с помощью которых исследуют космические просторы, предоставила астрономам физика. Родилось отдельное научное направление, именуемое астрофизикой.

По-разному складывается судьба звезд. Одни из них, небольшие по массе, после выгорания в их недрах ядерного «горючего» превращаются в маленькие белые звездочки. Их называют «белыми карликами».

Звезды помассивнее сильно сжимаются тяготением. Вращающиеся вокруг ядер атомов электроны буквально вдавливаются в них. В результате образуются нейтральные



частицы — **нейтроны**, «упакованные» столь плотно, что кусочек вещества такой звезды становится чудовищно тяжелым. Если взять его «с ноготок», то там уместится около миллиона тонн. Такие нейтронные звезды тоже помогла обнаружить астрофизика.

Если же звезда очень велика по массе, то она так сильно будет сжиматься, так все вокруг притягивать, что даже лучику света не удастся вырваться наружу. Получается как бы космическая «дыра», куда все входит, а назад — ходу нет. Ее и называют черной.

Но раз так, то она не должна быть видимой. «Выдают» ее соседки-звезды. Они могут вращаться вокруг **черной дыры**, с них в нее может перетекать, излучая волны, вещество. Такое излучение обнаружено, поэтому ученые полагают, что оно вызвано именно черной дырой.

Существование этого необычного космического объекта, рассчитанного с помощью **теории относительности**, еще требует проверки и более весомых доказательств. Но как часто красивую идею природа словно бы сама поддерживала, и недостающие факты рано или поздно находились.

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ «ФОРМУЛА МИРА»?

А как живет и развивается весь наш Мир целиком? И можно ли говорить о нем, как о чем-то едином? Разве не допустимо, что это просто набор, «куча» огромного количества

звезд и их скоплений — **галактик**? Но если мы обнаружили, что звезды объединяются в целые системы—галактики — и живут там вместе, «семейной» жизнью, то почему бы и галактикам не образовать свою гигантскую семью? Ведь люди уже дали ей имя — **Вселенная.**

В XX веке человек посягнул на изучение всего нашего мира целиком. Были найдены такие формулы, в которых описывалось рождение и развитие всей Вселенной. До сих пор эта идея будоражит умы. Согласитесь, очень трудно представить, что когда-то весь наш Мир заключался в крохотном объеме, из которого 15-20 миллиардов лет назад он начал стремительно расширяться. Сегодня это его «разбухание»







заметно замедлилось. Тем не менее, в конце 20-х годов было установлено, что звезды и галактики все-таки разбегаются друг от друга.

Но если это так, то что ждет Вселенную в грядущем? Будет ли она неограниченно расширяться? Или процесс повернет обратно и когда-нибудь все станет стягиваться? А что было до начала расширения? Как образовались галактики? Каковы были первые минуты существования Вселенной? Эти и множество других вопросов занимают как обычных людей, так и выдающихся ученых. Но окончательных ответов все еще нет.

Выяснилось, что физика **элементарных частиц** — самого малого в природе — и **астрофизика**, описывающая весь Мир в целом, теснейшим образом переплелись. Похоже, од-



Александр Александрович Фридман (1888—1925) — российский физик и математик. Проводил исследования в области механики жидкости, метеорологии, физики атмосферы. Первым познакомил русских физиков с теорией относительности. Дополнив результаты Эйнштейна, доказал возможность существования расширяющейся Вселенной, что было подтверждено открытием разбегания галактик.

но без другого, по-отдельности, не может быть. Наверное это лишний раз говорит о том, что природа едина, и изучать ее должна одна большая наука.

Проблем и задач перед ней — очень много. И нас с вами ждет еще немало интереснейших открытий.



Георгий Антонович Гамов (1904—1968) — российско-американский физик-теоретик. Работы посвящены квантовой механике, атомной и ядерной физике, астрофизике, биологии. Рассчитывал модели звезд с термоядерными источниками энергии. Создал модель «горячей Вселенной», в рамках которой предсказал реликтовое излучение из далекого прошлого, что подтвердилось экспериментальным открытием. Первым поставил проблему генетического кода.

ДАВАЙТЕ ПОРАЗМЫСЛИМ

? *Отчего световые лучи не просвечивают нас, как рентгеновские?*

? *Почему не всякие лучи могут вырвать из металла электроны?*

? *Какие радиоактивные вещества вы знаете?*

? *Почему для протекания термоядерных реакций нужны высокие температуры?*

? *Дальше ли горизонт на Луне, чем на Земле?*

? *О чем говорит пословица: «Мир — как ветряная мельница: без устали вращается»?*

? *Может ли двойная звезда не вращаться?*

? *Действительно ли падают на Землю «падающие звезды»?*

? *Все ли наблюдаемые на небе звезды светят в данный момент?*

? *Какой самый главный физический закон скрыт в пословице: «Человек неученый — что топор неточеный»?*

ЭПИЛОГ



Думают иные — те, кто звуки
слышат,
Те, кто видят солнце, звезды
и Луну:
Как она без зренья красот
у опишет,
Как поймет без слуха звуки
и весну!?

Не имею слуха, не имею зренья,
Но имею больше — чувст
в живых простор:
Гибким и послушным, жгучим
вдохновеньем
Я соткала жизни красочный
узор

О.Скороходова

Стихотворение, которое вы сейчас прочли, написано не одним из известных поэтов и не от лица воображаемого героя. Мы привели его лишь по одной причине: оно принадлежит перу слепоглухонемой женщины. Не может быть, воскликнет кто-нибудь из вас. Представьте себе, что может. Людей, лишенных с рождения зрения и слуха, сегодня могут не только обучить грамоте, но и — писать стихи.

Дело не в том, что и для этого изобретено много интереснейших устройств и приборов. Конечно, и тут наука и техника помогают человеку. Мы же хотим сказать о другом —

насколько же велик в нас внутренний потенциал, заложенный природой, стремление к совершенству и жажда познания!

Если те, кому недостало способов восприятия мира, смогли превозмочь свои недуги и даже опередить в развитии обычных, здоровых людей, то что говорить о нас, кому отпущено природой все. Вопрос только в том, как этим богатством ощущений и мыслей распорядиться.

На мир можно смотреть с разных сторон. Науки дают возможность взглянуть на него порой с необычных позиций. Словно волшебные очки, которые вы надели на время и увидели все вокруг в неведомых красках.

В этой книге мы старались представить вам «очки», созданные физикой и техникой. Конечно, всего через них увидеть не удалось — не все уместилось в книге. Как хотелось бы рассказать в ней, например, о катерах на воздушной подушке, о звучании колокола или о вакууме, который вовсе не так уж пуст, как кажется...

Но лучше, если книга разбудит больше мыслей, чем содержит. Если вам стало интересно то, о чем здесь шел разговор, если возникли новые вопросы, совет один — ищите ответы в других, новых для вас книжках и читайте их побольше.

Мы надеемся, что так и будет. А наша книга послужит лишь увертюрой, вступлени-

ем к очень долгому — длиной в целую жизнь — произведению. Называется оно — познание Мира.

Желаем успехов!

В заключение автор выражает искреннюю признательность первым своим помощникам и рецензентам книги — Сане и Леше Власовым, а также всем своим ученикам младших классов, благодаря которым и для которых, собственно, она и была написана.

ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

абсолютный нуль 243
авиация 117
Авогадро А. 144
автоматическая станция 37
агрегатное состояние 147
азбука Морзе 292
акваланг 87
аккумулятор 211, 232
акустика 327, 340, 345
алмаз 368
альфа-частица 422, 424
ампер 216
Ампер А. 215, 265
амплитуда 335
амфибия 106
аннигиляция 445
антенна 291, 294, 310
антистатик 206, 210
Аристотель 8, 31, 303
Архимед 90
архитектурная акустика 325
астрофизика 456
атмосфера 116, 295, 311, 353, 390, 402, 426
атом 143, 154, 236, 409, 423, 429
атомная бомба 434, 436
атомная электростанция 436
атомное ядро 425
аэродинамика 121

Б

баллистика 33
баллистическая экспертиза 35

барабанная перепонка 334
барометр 109
батарейка 211, 214, 230, 232
Беккерель А. 415, 416
белый свет 393
Бернулли Д. 101
«беруши» 327
Бессемер Г. 155
бета-частица 422
бинокль 367
Био Ж. 306
близорукость 376
блок 65
Больцман Л. 170
Бор Н. 426, 427
Броун Р. 145
Бэкон Р. 13
Бэкон Ф. 22

В

вакуум 112, 236, 289, 396
велосипед 42
вертолет 122
вес 52, 58, 62, 90, 93, 124
весы 50, 63
ветер 119, 127, 130, 306
«вечный двигатель» 73, 78
вещество 140, 141, 173, 429
взрыв 67, 323, 342, 435
вибрация 319, 327
винт 123, 186
влажность 132, 158
водолаз 86
водород 144, 432
водохранилище 98
волна 130, 386
— продольная 309
— поперечная 309
волновая теория света 384, 386

вольт 216
Вольта А. 214
вольтов столб 213
вольфрамовая нить 227
вращение 38, 41
временной промежуток 17
время 17
Вселенная 145, 189, 409, 455
всемирное тяготение 62
вулкан 131
высоковольтная линия 281
высота тона 329
выталкивающая сила 92, 115

Г

Габор Д. 405
газ 149, 181
газодинамика 121
галактика 455
Галилей Г. 6, 31, 32, 108
Гальвани Л. 212, 213
гамма-лучи 415, 422
Гамов Г. 457
Гельмгольц Г. 324
географические полюса 256, 258
Герике О. 111
Герон Александрийский 12, 383
Герц Г. 288, 289
гидролокатор 316, 318
гидросамолет 106
гидростатика 114
Гильберт У. 200
гипотеза 7
глаз 374, 380, 391
голография 404
голос 327
горючее 177, 191
град 132
градус 168, 176

гроза 132, 311
гром 311
громкость 333
Гук Р. 53
гусеница 73
Гюйгенс Х. 384, 385

Д

давление 52, 87, 108, 117, 120, 132, 158, 182, 192
— атмосферное 87, 109, 111, 117
дальнозоркость 376
дамба 99
двигатель внутреннего сгорания 187, 191
движение 27, 29, 67, 140, 146, 173
— реактивное 70
— тепловое 151
Декарт Р. 69
дельфины 317
Демокрит 140
деформация
— упругая 52
— пластическая 52
Джоуль Д. 165
диапазон 313
Дизель Р. 186
Дирак П. 444, 445
дисплей 13
диффузия 150
диэлектрик 239
длина волны 312, 391
Доплер К. 344, 345

Е

единица измерения 19, 215

Ж

жаропрочные материалы 192

жидкость 104, 148
Жуковский Н. 121

З

завихрения 129
закон 7, 53
закон
— отражения
— преломления
закон Архимеда 90
закон Ома 219
закон Паскаля 114
закон всемирного
тяготения 62, 204
закон отражения света 355, 382
закон преломления света 367, 382
закон сохранения 205
законы механики 45
законы природы 78
законы термодинамики 188
законы фотоэффекта 419
заряд 201, 208, 209
— атома 425
— электрический 199, 292
звезды 402
звук 303, 304, 324
«звуковой барьер» 342
звуковая волна 308, 311
звуковая дорожка 337
звуковые колебания 338
звукоизоляция 323
звукопроводящий слой 320
землетрясение 313, 314, 321
Земля 28, 36, 134
земная ось 39, 41
зеркало 356, 362
— вогнутое 370, 381
— прямое 362
— плоское 360

— выпуклое 359
золотое правило механики 64
зрение 374

И

излучение 140, 417
измерения 15, 18, 47
изолятор 210, 231, 242
импульс 69
инерция 44
инфразвук 314
ион 236
ионосфера 295
искусственный спутник Земли 36, 355, 438
испарение 140, 157, 189
источник звука 325, 343
источник света 222, 361
источник тепла 221
источник тока 216, 220, 279

К

Кавендиш Г. 48
камертон 331
Капица П. 269
Карно С. 183, 184
катафот 368
квантовая теория 418, 444
квант 417, 418
кварки 448
Кеплер И. 61
кессонная болезнь 87
киноаппарат 400
Кирхгоф Г. 394
кислород 144, 191
климат 176
клин 65
колебание 305, 308
колесо 42, 151, 179, 186

компас 41, 254, 267
компьютер 11, 12
конвекция 169
конденсатор 190, 207, 210, 292
конденсация 157, 159
кондиционер 160
Коперник Н. 30
кора Земли 135
Королев С. 192
космический корабль 37, 451
коэффициент полезного
действия (к.п.д.) 77, 183
кратер 134
кристаллизация 155
крыло 119
Крылов А. 94
Кулон Ш. 203, 205, 209
Курчатов И. 437
Кусто Ж. 87

Л

лазер 398, 405
лампочка накаливания 226
Ланжевен П. 316
Лаплас П. 19
Лачинов Д. 282
Лебедев П. 399
Левенгук А. 378, 380
Ленц Э. 278
Леонардо да Винчи 118, 376
летучая мышь 316
линза 370, 371, 377, 378, 390
— собирающая 371, 373, 375, 377
— рассеивающая 371, 377
Лодыгин А. 227
Ломоносов М. 142
Лоренц Х. 284
Луна 29, 32, 37, 134,
253, 353, 390

лупа 369, 378
лучи
— инфракрасные 411
— ультрафиолетовые 411

М

магнетизм 254, 258, 265, 297
магнит 253, 264, 267, 275
магнитное поле Земли 260, 262, 267, 285
магнитное поле 266, 279
магнитные бури 287
магнитный полюс
— Северный 256
— Южный 257
Майер Р. 74
Максвелл Д. 259, 288, 289, 397
Мандельштам Л. 310
Маркони Г. 290
масса 54, 85, 442
— атома 425
матовый шар 362
маятник 18, 28, 38, 58, 293
Менделеев Д. 430, 431
месяц 354
метеорит 135, 311
метро 56
механика 36, 66, 74
механический телеграф 272
микроскоп 142, 145, 378
— электронный 379
микрофон 273
мираж 402
модель атома 429
молекула 143, 148, 149, 157, 173, 228, 236, 429
молния 197, 202, 238
музыкальные инструменты 327, 331

Н

наклонная плоскость 65
напряжение 215, 228, 237, 239, 275, 279, 292
насос 108, 111
наука 5, 9, 11
невесомость 49, 86, 91, 162
нейтрино 449
нейтрон 430, 432, 454
никелирование 235
нота 328, 329, 330
нуль 173
Ньютон И. 31, 36, 45, 384

О

облака 159
объектив 375, 381
объем 85, 148, 153, 182
объемное изображение 404
озоновая дыра 412
озоновый слой 412
Ом Г. 218, 219
оптика 350
опыт 6, 7
орбита 37, 55
орбитальная станция 50
ось Земли 256
отвес 39
отдача 70, 124, 190
отражение 360
— звука 325
— света 361, 391
очки 376

П

паровоз 179, 185
пароход 179, 185
Паскаль Б. 113, 114
Паули В. 450

пеленгация 340
перегрузка 46, 58
переменный ток 281
перископ 357, 367
плавление 140, 154
плавучесть 116
пламя 165
планеты 28
Планк М. 417, 418
плотность 85, 93, 108, 117, 321
площадь 18, 19
поглощение звука 325
подводная лодка 357
подъемная сила 104, 119, 120
поле 259
— гравитационное 260
— электрическое 260
— магнитное 260
полезные ископаемые 178
полное внутреннее отражение 361
полнолуние 354
полупроводник 241
полюс 39
полюс холода 172
полярное сияние 287
Попов А. 289, 290
поршень 183, 186, 190, 191
постоянный ток 281
приборы ночного видения 170
приемник 290
призма 367, 370, 390, 393
прилив 61, 62, 100
прилипание 60, 91
притяжение 47, 50, 61, 260
проводник 210, 212, 218, 224, 231, 240, 242
проникающая способность 414, 416
пропеллер 107, 123, 180

пространство 15, 16
простые механизмы 66
протон 224, 236, 430
пружина 53
пучок света 393

Р

работа 74, 75, 182, 183
равновесие 42, 62, 63, 66, 114, 335
радар 128
радио 254, 291, 324
радиоактивное излучение 432
радиоактивность 415, 422, 423, 432
радиоастрономия 296
радиоволна 294
радиолокатор 295, 316
радиосигнал 296
радиотелескоп 11
радуга 392
разрежение 305
ракета 71, 170, 258, 311
распространение звука 307
расстояние 16
расчеты 11
реактивный двигатель 190
Резерфорд Э. 424, 425
резонанс
— электрический 331
— звуковой 331
Рентген В. 413, 414
рентгеновское излучение 422
рентгеновские лучи 413, 415
рефракция звука 341
роса 159
ртуть 85, 152, 163
рычаг 64, 65, 186, 191

С

Сахаров А. 442

сверхтекучесть 106
свет 169, 324, 349, 350, 384
386, 389, 415, 417
световое давление 400
световые лучи 358, 383
свободное падение 49
север 254
сейсмограф 322
секунда 18
сжатие 113, 305
Сикорский И. 123
сила 44, 47, 54, 57, 119
— тяжести 115, 125
— тяги 123
— тока 215, 218
силовые линии 260
система мер 20
Склодовская-Кюри М. 423
скольжение 59
скорость 36, 42
скорость звука 342
скорость света 249, 289, 395, 416,
421, 445
слух 326, 327, 333
смерч 129
смещение светового луча 364
снаряд 67
соединение
— последовательное 218
— параллельное 218
созвездие 402
солнечная батарея 243, 420
солнечная система 28
солнечные часы 351
солнце 28, 262, 286, 352,
390, 438
сообщающиеся сосуды 97
сопротивление 101, 104, 217, 218, 241
— воздуха 34, 124

спектр 393
спектральный анализ 393
спутник 426
спутник связи 295
статика 66
стереоскоп 404
Стефенсон Д. 181
Столетов А. 419, 420
Стретт Д.(Рэлей) 334
строение вещества 429
струна 330, 333
сутки 18

Т

твердое тело 105, 148
телевидение 254, 401
телевизор 223, 293
телеграф 254, 273, 287
телеграфный аппарат 272, 273
телескоп 359, 381
телефон 254, 274, 287
тембр 328
температура 132, 147, 150, 151, 158, 165, 167, 173, 182, 183, 187
теория 7
теория относительности 443, 444, 451, 454
теория света 429
тепло 76, 139, 157, 171, 175, 190, 230
тепловая машина 185, 191
тепловое
— излучение 169
— равновесие 166, 167, 188
— расширение 151
тепловоз 185
тепловой двигатель 190
теплоемкость 176
теплоизоляция 172

теплопроводность 171
теплота 165, 182
теплоход 185
термодинамика 182
термометр 151, 158, 166
термоядерная реакция 440
техника 6, 11
Томсон У. (Кельвин) 174
Томсон Д. 229
топливо 177, 181, 183, 185
Торричелли Э. 109
торнадо 130
трансформатор 281
трение 41, 55, 58, 59, 199, 201, 202, 230
Туполев А. 122
турбина 100, 180
тяготение 37

У

Уатт Д. 179
ударная волна 343
ультразвук 315, 318, 319
управляемый термоядерный синтез 441
упругость 108
ураган 314
уран 432, 433
ускоритель 11, 55, 285, 444, 446
устойчивость 43, 94

Ф

Фарадей М. 235, 249, 276
Фейнман Р. 448
Ферма П. 383
Ферми Э. 422, 434
ферромагнетики 266
фокус 359
фонограф 337

фотоаппарат 40, 358, 375, 376
фотография 400
фотоны 420
фотопленка 391
фотоэлемент 242
Франклин Б. 208
Френель О. 386, 387
Фридман А. 457
Фуко Ж. 395
Фуко Л. 38

Х

хаос 328
хаотичность 266
Хладни Э. 332
холод 139
холодильник 189, 223
хромирование 235
хрусталик 376

Ц

цвет 169, 389
цепная передача 44
цепная реакция 435
Циолковский К. 70
цунами 131

Ч

частота 292, 293
частота волны 312
частота звука 330
частотная характеристика 335
часы 17
черная дыра 454

Ш

Шкала
— Цельсия 168, 173
— Фаренгейта 168
— Реомюра 168
— Кельвина 168
шлюзы 98, 99
штиль 130
шторм 130
шум 328

Э

Эдисон Т. 226, 337, 338
Эйлер Л. 34
Эйнштейн А. 396, 418, 443, 444
эксперимент 6, 7, 58
электрический(ая, ое)
— дуга 238, 240
— цепь 214, 216
— счетчик 222
— ток 75, 211, 213, 227, 232, 238, 264, 292
— удар 207
электричество 197, 297
электролиз 234
электромагнетизм 249, 429
электромагнит 263, 269, 272
электромагнитная волна 289, 414
электромагнитная индукция 276, 277, 283
электромагнитные волны 296
электромотор 124, 280
электрон 209, 215, 224, 228, 236, 237, 283, 409, 413, 423, 425, 429, 432
электронный луч 238, 284
электростанция 99
электроэнергия 222, 271
элементарные частицы 444, 447

энергия 73, 78, 157, 331, 442, 456
— кинетическая 75, 76, 419
— потенциальная 74
— внутренняя 177, 184
— солнечная 177
— тепловая 220
— электрическая 207
— световая 397
Эрстед Х. 263, 264
эталон 19
эхо 303
эхолот 316

Ю

юг 254
Юнг Т. 388

Я

Яблочков П. 240
ядерная реакция 438
ядерная энергия 434
ядерные силы 433
ядерный реактор 433, 436, 449
ядро 429, 431
янтарь 197

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВСТУПЛЕНИЕ 3
МИР ДВИЖЕНИЙ 25
МИР ДВУХ СТИХИЙ 81
МИР ТЕПЛА 137
МИР ЭЛЕКТРИЧЕСТВА 195
МИР МАГНЕТИЗМА 251
МИР ЗВУКА 301
МИР СВЕТА 347
ВЕЛИКИЕ И МАЛЫЕ МИРЫ 407
ЭПИЛОГ 459
ПРЕДМЕТНО-ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ . . . 462

По вопросам оптовой покупки книг издательства АСТ обращаться по адресу:
Звездный бульвар, дом 21, 7-й этаж
Тел. 215-43-38, 215-01-01, 215-55-13

Книги издательства АСТ можно заказать по адресу:
107140, Москва, а/я 140,
АСТ — «Книги по почте»

Научно-популярное издание

Я ПОЗНАЮ МИР

Детская энциклопедия

Физика

Составитель *Леонович Александр Анатольевич*
Редактор *М. П. Савельева*
Художник-оформитель *А. В. Кардашук*
Художник-иллюстратор *А. А. Леонович*
Технический редактор *Н. Н. Хотулева*
Корректор *Н. Е. Соловьева*

Подписано в печать с готовых диапозитивов 10.01.98. Формат $84 \times 108^1/_{32}$. Бумага типографская. Гарнитура Антиква. Печать высокая с ФПФ. Усл. печ. л. 25,2. Усл. кр.-отт. 26,04. Доп. тираж 30 000 экз. Заказ 42.

ООО «Издательство АСТ-ЛТД». Лицензия В 175372 № 02254 от 03.02.97. 366720, РИ, г. Назрань, ул. Фабричная, 3.
Наши электронные адреса:
WWW.AST.RU
E-mail: AST@POSTMAN.RU

При участии ООО «Харвест». Лицензия ЛВ № 32 от 27.08.97. 220013, Минск, ул. Я. Коласа, 35-305.

Ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат ППП им. Я. Коласа. 220005, Минск, ул. Красная, 23.

Качество печати соответствует качеству предоставленного издательством оригинал-макета.


АСТ